

Kernreaktionen – chemisch beschrieben

1. Ausgangslage
2. Ziele
3. Unterrichtsvorschlag mit Übungen

1. Statt der Gemeinsamkeiten betont man die Unterschiede von Kernprozessen

Radioaktivität, Kernzerfall, Kernspaltung, Kernfusion, Kernreaktion, natürliche ↔ künstliche Radioaktivität

2. Neue Namen für bekannte Begriffe

Kernphysik

Kernzerfall, spontane Kernspaltung

Kettenreaktion

γ -Strahlung

Aktivität

Chemie

monomolekulare Reaktion

autokatalytische Reaktion

Lumineszenz

Umsatzrate

Kernreaktionen und chemische Reaktionen werden beschleunigt durch:

Temperaturerhöhung

Katalysatoren

3. Kernreaktionen mit kleinen Reaktionsumsatzraten haben zu großes Gewicht

wichtig: Reaktionen in Kernreaktoren, in Endlagern und in Sternen

4. sehr ausführliche Behandlung von Strahlungsmessgeräten

Andere, wichtigere Messgeräte und Sensoren werden nicht behandelt.

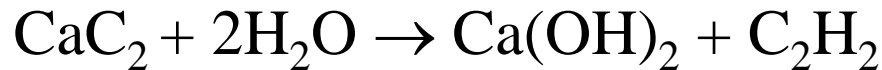
Das Interessanteste (der hohe Verstärkungsfaktor) wird nicht erwähnt.

2. Ziele

Chemische Reaktion

1. Einrichten der Reaktionsgleichung:
Berücksichtigung von Erhaltungssätzen

Stoffmengen der Elemente:



elektrische Ladung:



2. In welche Richtung läuft die Reaktion?
3. Reaktionswiderstand; wie kann man ihn vermindern?
4. Energiebilanz

3. Unterrichtsvorschlag

vorher wird behandelt:

- Physik der Atomhülle
- Äquivalenz von Masse und Energie; Ruhenergie

Atomkerne

1. Der Aufbau der Atomkerne

Die Dichte ist in einem Atomkern überall gleich.

Die Dichten verschiedener Kerne sind untereinander gleich.

Der Atomkern lässt sich zerlegen in

- positiv geladene Protonen;
- elektrische neutrale Neutronen.

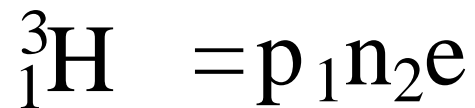
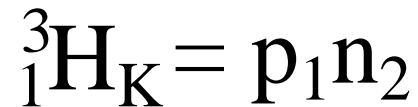
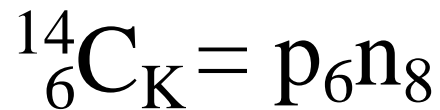
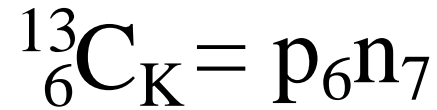
2. Elemente, Nuklide, Isotope

Ordnungszahl = Anzahl der Protonen im Kern

Die Isotope eines Elements unterscheiden sich in der Anzahl der Neutronen in den Atomkernen.

Grundstoffe der Chemie: ~ 100 Elemente

Grundstoffe der Kernphysik: ~ 2000 Nuklide



O

H

O₂

HO

H₂O

HO₂

O₃

H₂ O₂

H₃O

H₃ O₂

H O₃

...

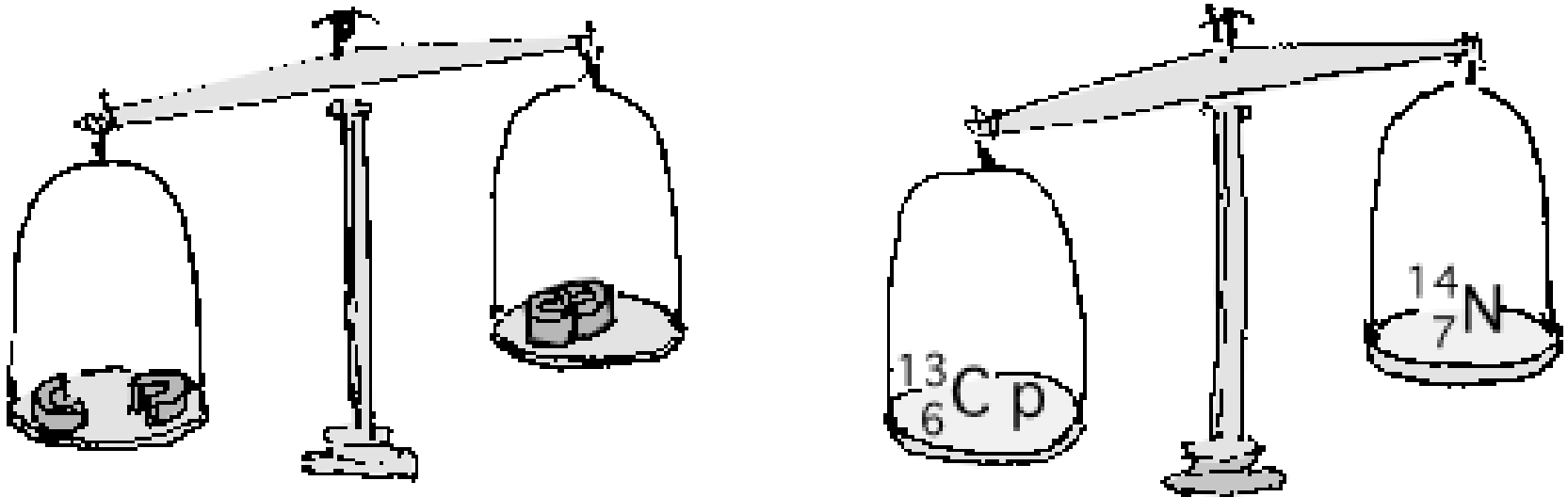
...

3. Die Anregung von Kernen

Wie die Atomhülle, so lässt sich auch der Atomkern anregen. Beim Anregen wird im Kern eine bestimmte Menge Energie gespeichert.

Beim Anregen wird ein Kern schwerer.

4. Die Trennenergie

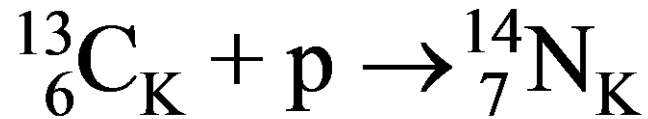


Zum Zerlegen eines Kerns in Protonen und Neutronen braucht man Energie, die *Trennenergie*.

Die Bestandteile sind zusammen schwerer als der Kern.

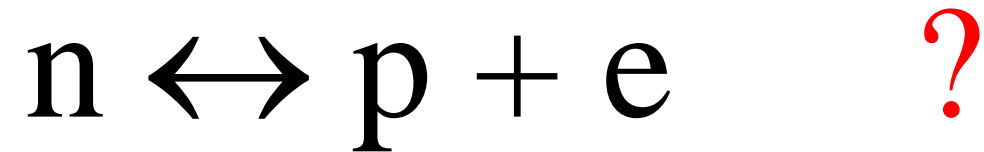
	Z	N	E_T (pJ)		Z	N	E_T (pJ)		Z	N	E_T (pJ)		Z	N	E_T (pJ)		
H	1	0	0,00	Ne	10	7	18,09										
		1	0,36			8	21,17							27	66,57		
		2	1,36			9	23,04							28	68,19		
						10	25,74							29	69,16		
He	2	1	1,24			11	26,82										
		2	4,53			12	28,48							Ti	22	21	57,55
		3	4,39			13	29,31		Cl	17	16	43,91			22	60,16	
		4	4,69			14	30,74								23	61,68	
						15	31,42								24	63,80	
Li	3	2	4,22												25	65,22	
		3	5,13	Na	11	9	23,39								26	67,08	
		4	6,29			10	26,13								27	68,39	
		5	6,61			11	27,90								28	70,14	
		6	7,26			12	29,89								29	71,16	
						13	31,01								30	72,41	
						14	32,45								31	73,28	
Be	4	3	6,02			15	33,35		Ar	18	16	44,66					
		4	9,05			16	34,44										
		5	9,32											V	23	23	62,54
		6	10,41												24	64,62	
		7	10,49	Mg	12	9	23,90								25	66,31	
						10	27,01								26	68,16	
B	5	3	6,05			11	29,12								27	69,66	
		4	9,02			12	31,76								28	71,43	
		5	10,37			13	32,94								29	72,60	
		6	12,21			14	34,72								30	73,96	
															31	74,94	

5. Erhaltungsgrößen



1. Elektrische Ladung kann nicht erzeugt und nicht vernichtet werden.
2. Baryonische Ladung kann nicht erzeugt und nicht vernichtet werden.
3. Leptonische Ladung kann nicht erzeugt und nicht vernichtet werden.

7. Ladungsbilanzen



7. Ladungsbilanzen

	n	↔	p + e
elektrische Ladung	0		1 + (-1)
baryonische Ladung	1		1 + 0
leptonische Ladung	0		0 + 1

7. Ladungsbilanzen

	n	↔	p + e + $\bar{\nu}$
elektrische Ladung	0		1 + (-1) + 0
baryonische Ladung	1		1 + 0 + 0
leptonische Ladung	0		0 + 1 + (-1)

8. Die Reaktionsrichtung

Eine Kernreaktion, bei der die Ausgangsteilchen ruhen, läuft stets in Richtung abnehmender Ruhenergie.

Sind Neutronen stabil?

	n ↔ p + e + $\bar{\nu}$	
elektrische Ladung	0	1 + (-1) + 0
baryonische Ladung	1	1 + 0 + 0
leptonische Ladung	0	0 + 1 + (-1)
Ruhenergie	150,525	150,320 + 0,082 + 0
Summe	150,525	150,402

Ist Tritium stabil?

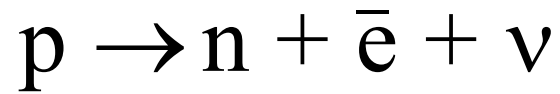
	$p n_2 \leftrightarrow p_2 n + e + \bar{\nu}$	
elektrische Ladung	1	2 + (-1) + 0
baryonische Ladung	3	3 + 0 + 0
leptonische Ladung	0	0 + 1 + (-1)
Ruhenergie	150,320 +2·150,525	2·150,320 +150,525 +0,082+0
- Trennenergie		
Summe		

	Z	N	E_T (pJ)		Z	N	E_T (pJ)			
H	1	0	0,00	Ne	10	7	18,09	Cl		
		1	0,36			8	21,17			
		2	1,36			9	23,04			
He	2	1	1,24			10	25,74			
		2	4,53			11	26,82			
		3	4,39			12	28,48			
		4	4,69			13	29,31			
Li	3	2	4,22			14	30,74			
		3	5,13			15	31,42			
		4	6,29			Na	11		9	23,39
		5	6,61			10	26,13			
						11	27,90			

Ist Tritium stabil?

	$pn_2 \leftrightarrow p_2n + e + \bar{\nu}$	
elektrische Ladung	1	2 + (-1) + 0
baryonische Ladung	3	3 + 0 + 0
leptonische Ladung	0	0 + 1 + (-1)
Ruhenergie	150,320 +2·150,525	2·150,320 +150,525 +0,082+0
– Trennenergie	-1,36	-1,24
Summe	450,01	450,007

Sind Protonen stabil?



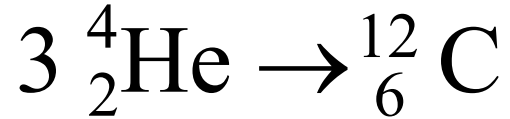
Zerfall von C-14



Zerfall von U-235



Kohlenstoffsynthese in Sternen

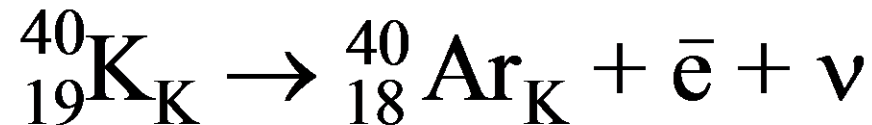


Kernstrahlung

α -Strahlung



β^+ -Strahlung



9. Kernstrahlung

Bei den häufigsten Zerfallsreaktionen ist eines der Reaktionsprodukte ein kleines Teilchen:

- Elektron e
- Antielektron \bar{e}
- Neutrino ν
- Heliumkern p_2n_2

10. Die Umsatzrate

Die Umsatzraten von typischen Kernreaktionen sind sehr viel kleiner als die von typischen chemischen Reaktionen.

Kernreaktionen lassen sich wie chemische Reaktionen beschleunigen durch

- Temperaturerhöhung;
- Verwendung eines Katalysators.

11. Die Halbwertszeit

Die Halbwertszeit ist die Zeitspanne, in der die Hälfte der Menge eines Stoffs zerfallen ist.

12. Die Sonne

Die Sonne besteht fast nur aus Wasserstoff und Helium.

In der Sonne werden in einer Kernreaktion aus Wasserstoffkernen Heliumkerne produziert.

Der Reaktionsumsatz ist trotz der hohen Temperatur sehr gering.

Die bei der Reaktion entstehende Wärme wird aus der Reaktionszone nach außen transportiert.

Damit ein Fließgleichgewicht aufrechterhalten werden kann, muss die Sonne im Innern sehr viel heißer sein als außen.

13. Der Kernreaktor

Zerfall von U-235



Im Kernreaktor zerfallen ${}^{235}\text{U}$ -Kerne in zwei etwa gleich große Nuklide, sowie einige Neutronen. Die Reaktion wird von Neutronen katalysiert (Autokatalyse).

Alle entstehenden Nuklide sind instabil und zerfallen weiter.

Steuerung des Reaktors

Sicherheitsvorrichtungen

radioaktive Abfälle

Plutonium

Fazit:

- Verschiedene Reaktionstypen (natürliche und künstliche Radioaktivität, Kernspaltung, Kernfusion) werden einheitlich beschrieben.
- Der Aufbau orientiert sich am Begriffssystem der Chemie.
- Zum Einrichten von Reaktionsgleichungen bilanziert man die elektrische, die baryonische und die leptonische Ladung.