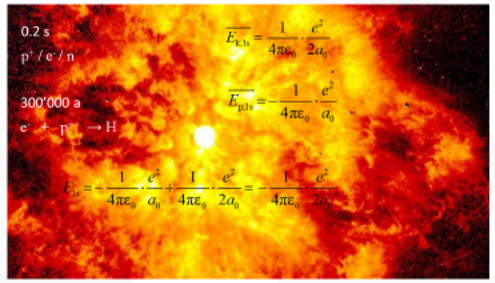
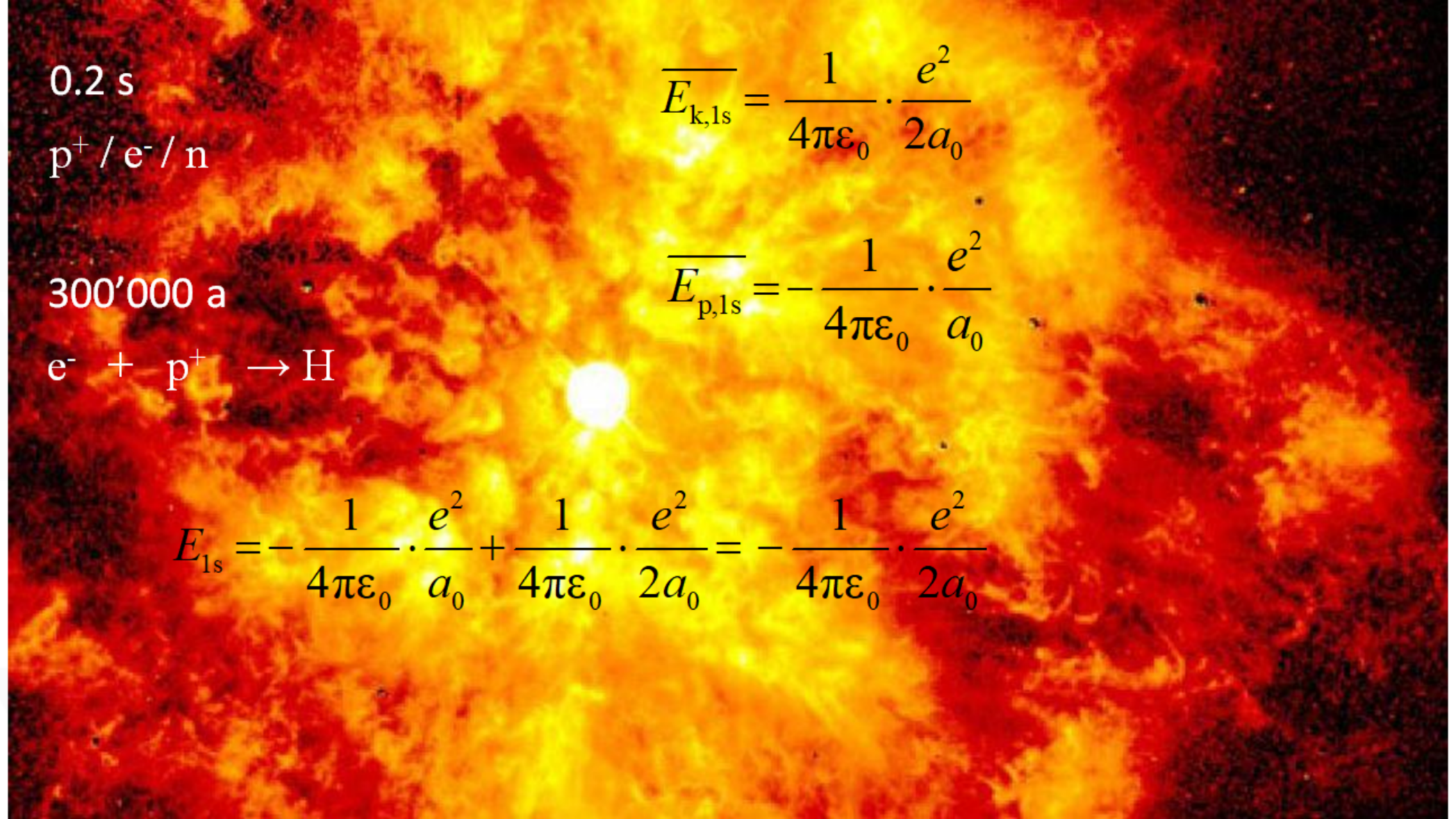
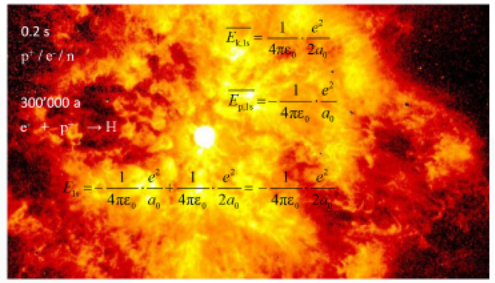


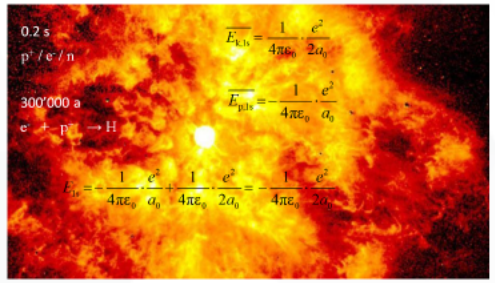
Energie als zentraler Teil eines Chemielehrgangs

Zentralkurs c+b Bern 2026

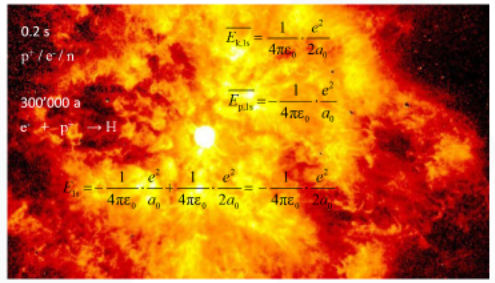

0.2 s
p+ / e- / n
300'000 a
e- + p+ → H
$\overline{E_{k,1s}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$
$\overline{E_{p,1s}} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0}$
$E_{1s} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$


0.2 s
$p^+ / e^- / n$
300’000 a
$e^- + p^+ \rightarrow H$
$\overline{E_{k,1s}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$
$\overline{E_{p,1s}} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0}$
$E_{1s} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$

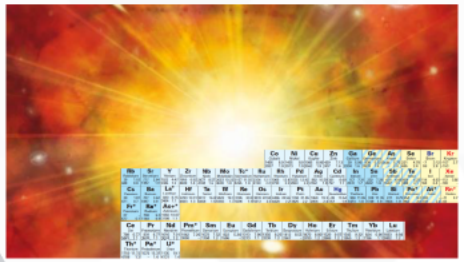

0.2 s
p+ / e- / n
300'000 a
e- + p+ → H
$\overline{E_{k,1s}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$
$\overline{E_{p,1s}} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0}$
$E_{1s} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$

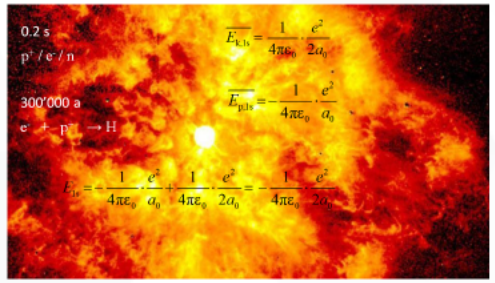

0.2 s
p+ / e- / n
300'000 a
e- + p+ → H
$\overline{E_{k,1s}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$
$\overline{E_{p,1s}} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0}$
$E_{1s} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$



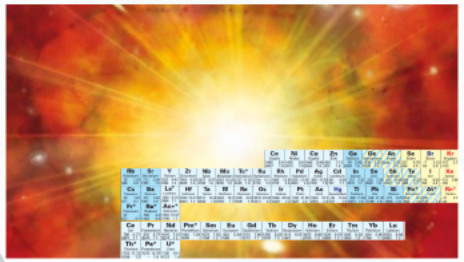

0.2 s
p+ / e- / n
300'000 a
e- + p+ → H
$\overline{E_{k,1s}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$
$\overline{E_{p,1s}} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0}$
$E_{1s} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$

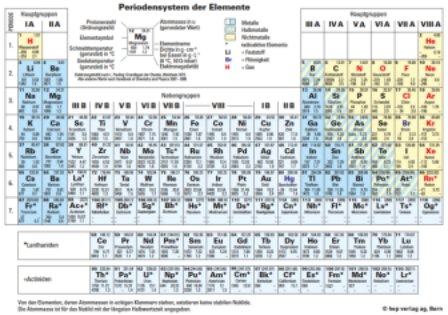


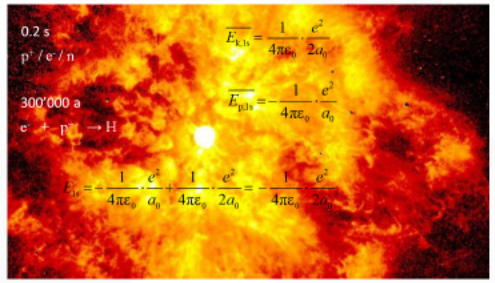



0.2 s
p+ / e- / n
300'000 a
e- + p+ → H
$\overline{E_{k,1s}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$
$\overline{E_{p,1s}} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0}$
$E_{1s} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{a_0} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2a_0}$



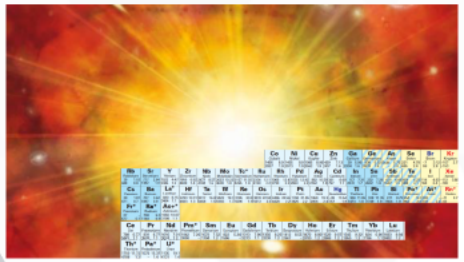


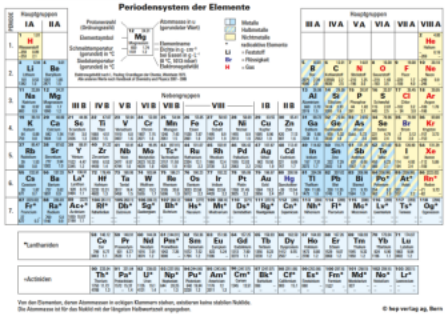

Periodensystem der Elemente

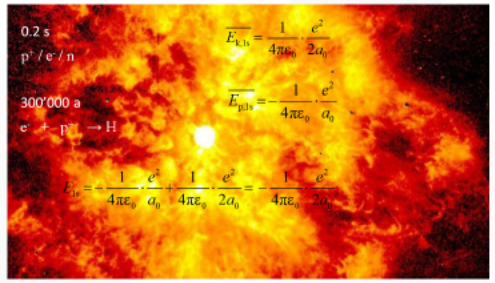




Das Universum besteht aus Protonen (up- und down-Quarks), Elektronen und Neutronen

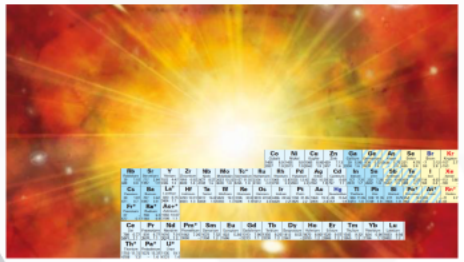




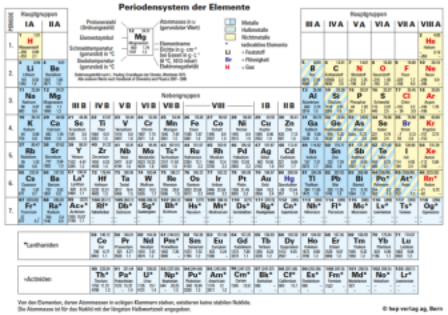




Das Universum besteht aus Protonen (up- und down-Quarks), Elektronen und Neutronen








Wir sind die Bausteine des gesamten Universums!
Toll, wie ihr das macht!
Proton
Elektron
Neutron

Protonen und Neutronen (Bausteine: Up- und Down- Quarks) sind zusammen mit den Elektronen die dominieren-den Teilchen der Materie. Coulomb-Kräfte

Cox, B.; Forshow, J.; 2018: Warum ist E = mc2. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart: S. 180

Protonen und Neutronen (Bausteine: Up- und Down- Quarks) sind zusammen mit den Elektronen die dominieren-den Teilchen der Materie. Coulomb-Kräfte

Cox, B.; Forshow, J.; 2018: Warum ist E = mc2. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart: S. 180

In unseren besten Modellen sind Atome heute aus Elektronen, Photonen, Quarks und Gluonen (Kraftvermittlerteilchen zwischen Quarks) aufgebaut. Wie Sie sehen werden, gibt es gute Gründe für die Annahme, dass dies tatsächlich das letzte Wort ist. Coulomb-Kräfte

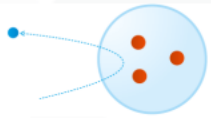
Frank Wilczek, Nobelpreisträger für Physik 2004

Protonen und Neutronen (Bausteine: Up- und Down- Quarks) sind zusammen mit den Elektronen die dominieren-den Teilchen der Materie. Coulomb-Kräfte

Cox, B.; Forshow, J.; 2018: Warum ist E = mc2. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart: S. 180

In unseren besten Modellen sind Atome heute aus Elektronen, Photonen, Quarks und Gluonen (Kraftvermittlerteilchen zwischen Quarks) aufgebaut. Wie Sie sehen werden, gibt es gute Gründe für die Annahme, dass dies tatsächlich das letzte Wort ist. Coulomb-Kräfte

Frank Wilczek, Nobelpreisträger für Physik 2004



Standardmodell der Elementarteilchen

Generation I

Up Quark ($m \sim 2.2$ MeV/c^2, $Q = ⅔$ e, Spin ½)

Down Quark ($m \sim 4.7$ MeV/c^2, Q = -⅓ e, Spin ½)

Elektron ($m \sim 0.511$ MeV/c^2, -1 e, Spin ½)

[elektrostatische Kraft durch Photonen (Kraftvermittlerteilchen) beschrieben]

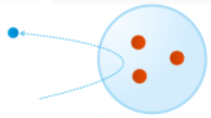
Protonen und Neutronen (Bausteine: Up- und Down- Quarks) sind zusammen mit den Elektronen die dominieren-den Teilchen der Materie. Coulomb-Kräfte

Cox, B.; Forshow, J.; 2018: Warum ist E = mc2. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart: S. 180

In unseren besten Modellen sind Atome heute aus Elektronen, Photonen, Quarks und Gluonen (Kraftvermittlerteilchen zwischen Quarks) aufgebaut. Wie Sie sehen werden, gibt es gute Gründe für die Annahme, dass dies tatsächlich das letzte Wort ist. Coulomb-Kräfte

Frank Wilczek, Nobelpreisträger für Physik 2004

Standardmodell der Elementarteilchen



Generation I

Up Quark ($m \sim 2.2$ MeV/c^2, $Q = ⅔$ e, Spin ½)

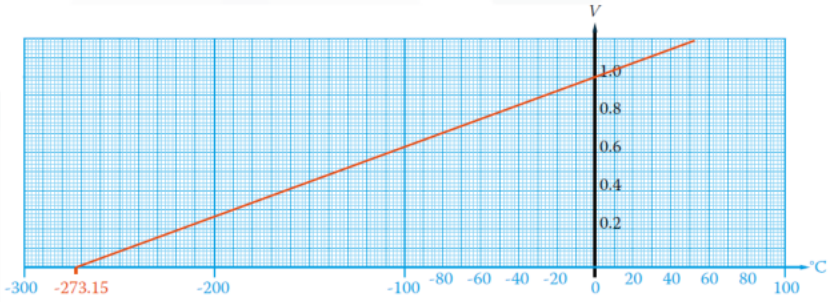
Down Quark ($m \sim 4.7$ MeV/c^2, Q = -⅓ e, Spin ½)

Elektron ($m \sim 0.511$ MeV/c^2, -1 e, Spin ½)

[elektrostatische Kraft durch Photonen (Kraftvermittlerteilchen) beschrieben]

Gesetz nach J. L. Gay-Lussac (1787-1850)

$$V_t = V_0 \cdot \left(1 + \frac{(t - t_0)}{273.15}\right)$$



Protonen und Neutronen (Bausteine: Up- und Down- Quarks) sind zusammen mit den Elektronen die dominieren-den Teilchen der Materie. Coulomb-Kräfte

Cox, B.; Forshow, J.; 2018: Warum ist E = mc2. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart: S. 180

In unseren besten Modellen sind Atome heute aus Elektronen, Photonen, Quarks und Gluonen (Kraftvermittlerteilchen zwischen Quarks) aufgebaut. Wie Sie sehen werden, gibt es gute Gründe für die Annahme, dass dies tatsächlich das letzte Wort ist. Coulomb-Kräfte

Frank Wilczek, Nobelpreisträger für Physik 2004

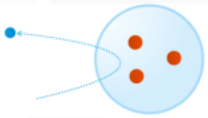
Standardmodell der Elementarteilchen

Generation I

Up Quark ($m \sim 2.2$ MeV/c^2, $Q = ⅔$ e, Spin ½)

Down Quark ($m \sim 4.7$ MeV/c^2, Q = -⅓ e, Spin ½)

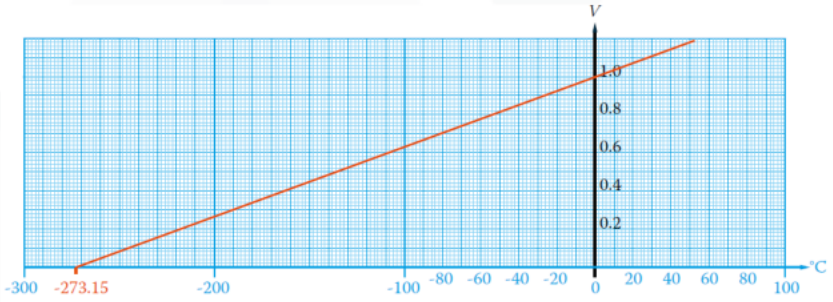
Elektron ($m \sim 0.511$ MeV/c^2, -1 e, Spin ½)



[elektrostatische Kraft durch Photonen (Kraftvermittlerteilchen) beschrieben]

Gesetz nach J. L. Gay-Lussac (1787-1850)

$$V_t = V_0 \cdot \left(1 + \frac{(t - t_0)}{273.15}\right)$$



Zufällige Teilchenbewe-gung, Wahrscheinlichkeit

Protonen und Neutronen (Bausteine: Up- und Down- Quarks) sind zusammen mit den Elektronen die dominieren-den Teilchen der Materie. Coulomb-Kräfte

Cox, B.; Forshow, J.; 2018: Warum ist E = mc2. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart: S. 180

In unseren besten Modellen sind Atome heute aus Elektronen, Photonen, Quarks und Gluonen (Kraftvermittlerteilchen zwischen Quarks) aufgebaut. Wie Sie sehen werden, gibt es gute Gründe für die Annahme, dass dies tatsächlich das letzte Wort ist. Coulomb-Kräfte

Frank Wilczek, Nobelpreisträger für Physik 2004

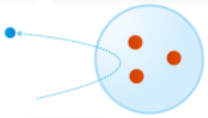
Standardmodell der Elementarteilchen

Generation I

Up Quark ($m \sim 2.2$ MeV/c^2, $Q = ⅔$ e, Spin ½)

Down Quark ($m \sim 4.7$ MeV/c^2, Q = -⅓ e, Spin ½)

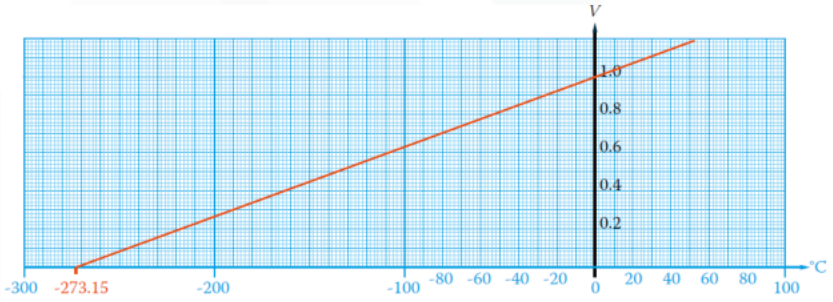
Elektron ($m \sim 0.511$ MeV/c^2, -1 e, Spin ½)



[elektrostatische Kraft durch Photonen (Kraftvermittlerteilchen) beschrieben]

Gesetz nach J. L. Gay-Lussac (1787-1850)

$$V_t = V_0 \cdot \left(1 + \frac{(t - t_0)}{273.15}\right)$$



Zufällige Teilchenbewe-gung, Wahrscheinlichkeit

Protonen und Neutronen (Bausteine: Up- und Down- Quarks) sind zusammen mit den Elektronen die dominieren-den Teilchen der Materie. Coulomb-Kräfte

Cox, B.; Forshow, J.; 2018: Warum ist E = mc2. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart: S. 180

In unseren besten Modellen sind Atome heute aus Elektronen, Photonen, Quarks und Gluonen (Kraftvermittlerteilchen zwischen Quarks) aufgebaut. Wie Sie sehen werden, gibt es gute Gründe für die Annahme, dass dies tatsächlich das letzte Wort ist. Coulomb-Kräfte

Frank Wilczek, Nobelpreisträger für Physik 2004

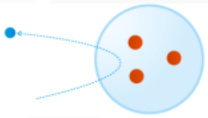
Standardmodell der Elementarteilchen

Generation I

Up Quark ($m \sim 2.2$ MeV/c^2, $Q = ⅔$ e, Spin ½)

Down Quark ($m \sim 4.7$ MeV/c^2, Q = -⅓ e, Spin ½)

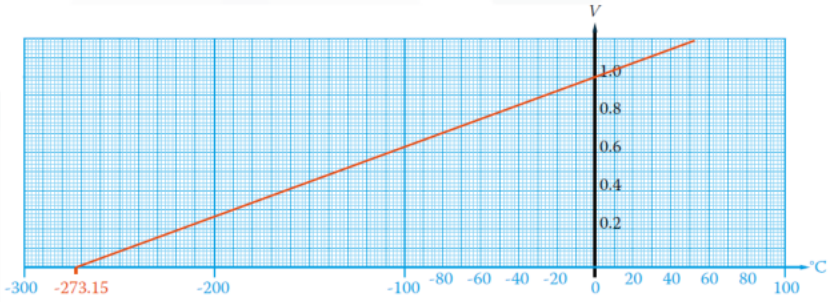
Elektron ($m \sim 0.511$ MeV/c^2, -1 e, Spin ½)



[elektrostatische Kraft durch Photonen (Kraftvermittlerteilchen) beschrieben]

Gesetz nach J. L. Gay-Lussac (1787-1850)

$$V_t = V_0 \cdot \left(1 + \frac{(t - t_0)}{273.15}\right)$$



Zufällige Teilchenbewe-gung, Wahrscheinlichkeit

Energie

Die Chemie beschäftigt sich mit Coulomb-Kräften und Energiezuständen (Enthalpie), sowie mit der zufälligen Teilchenbewegung (Entropie)

Die Wechselwirkungen zwischen elektrisch geladenen Teilchen und die sich daraus ergebenden Energiezustände beherrschen das Geschehen auf diesem Planeten.

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Energie

Die Chemie beschäftigt sich mit Coulomb-Kräften und Energiezuständen (Enthalpie), sowie mit der zufälligen Teilchenbewegung (Entropie)

Die Wechselwirkungen zwischen elektrisch geladenen Teilchen und die sich daraus ergebenden Energiezustände beherrschen das Geschehen auf diesem Planeten.

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Energie ist das zentrale Konzept, das alle Naturwissenschaften vereint. Naturwissenschaftliche Erklärungen zu Vorgängen in der Natur und insbesondere des Lebens werden so regelmässig auf energetische Zusammenhänge zurückgeführt.

...denn es gibt praktisch keinen Inhalt im Chemieunterricht, der ohne die "Energiebrille" ursächlich erklärt werden könnte.

Pölloth B., Sieve B. in: Unterricht Chemie. 3/24. S. 2ff und S. 8ff

Energie

Die Chemie beschäftigt sich mit Coulomb-Kräften und Energiezuständen (Enthalpie), sowie mit der zufälligen Teilchenbewegung (Entropie)

Die Wechselwirkungen zwischen elektrisch geladenen Teilchen und die sich daraus ergebenden Energiezustände beherrschen das Geschehen auf diesem Planeten.

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Energie ist das zentrale Konzept, das alle Naturwissenschaften vereint. Naturwissenschaftliche Erklärungen zu Vorgängen in der Natur und insbesondere des Lebens werden so regelmässig auf energetische Zusammenhänge zurückgeführt. ...denn es gibt praktisch keinen Inhalt im Chemieunterricht, der ohne die "Energiebrille" ursächlich erklärt werden könnte.

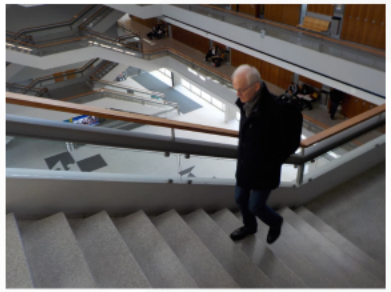
Pölloth B., Sieve B. in: Unterricht Chemie. 3/24. S. 2ff und S. 8ff

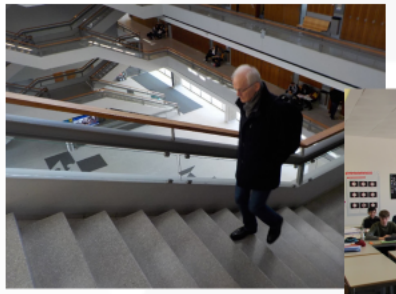
Der Energieumsatz bei chemischen Reaktionen ist eine Grundvoraussetzung für das Leben auf der Erde. Alle Lebewesen beschaffen die Energie, die die für ihr Leben brauchen, durch chemische Reaktionen, die in ihren Zellen ablaufen (z. B. Katabolismus).

Chemielehrgang AKAD (2026)

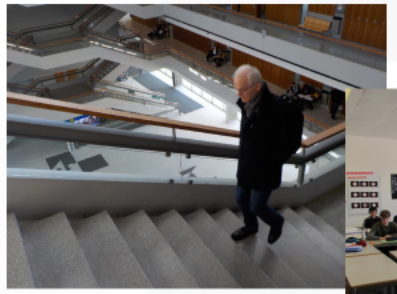
Schmelztemperaturen und Siedetemperaturen (Aggregatzustände und ihre Übergänge), Diffusion, Trennmethoden, Streuversuch nach Rutherford, Entdeckung von Elektronen und Protonen (Ablenkungen), Massenspektroskopie), Eigenschaften von Grafit und Diamant, Bildung von Atomen aus Protonen und Elektronen (Virial-Theorem), Struktur der Elektronenhülle (Ionisierungsenergien), Unterschied Metall- Nichtmetallatome (Atomrumpf), Elektronenkonfiguration, Bildung einer Elektronenpaarbindung (Virial-Theorem), Bindungsenthalpien, Bildungsenthalpien, Elektronegativität (Atomrumpf), polare Elektronenpaarbindung, Energiebilanz chemischer Reaktionen, Berechnung der Reaktionsenthalpie, Struktur von Molekülen, Delokalisierung von Elektronen, Van-der-Waals-Kräfte, Dipol-Dipol-Kräfte, Wasserstoffbrücken, Mischbarkeit molekularer Stoffe, Metastabilität von Alkanen, Reaktionsverhalten funktioneller Gruppen von Kohlenstoffverbindungen, Bildung von Salzen (Bindungsenthalpien, Elektronenaffinität, Sublimationsenergien, Ionisierungsenergien, Gitterenthalpien), Schmelz- und Siedetemperaturen von Salzen, Löslichkeit von Salzen, (Hydrationsenthalpien), Kristallwasser, Elektrolyse von Salzen(l) und Salzen(aq), Bildung von Metallgittern, Verformbarkeit von Metallen, Schmelz- und Siedetemperaturen von Metallen, elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit von Metallen, freiwillige und unfreiwillige Reaktionen (Enthalpie und Entropie, Gibbs-Helmholtz-Gleichung), chemische Gleichgewichte und ihr Lage (Haber-Bosch-Verfahren), Säure-Base-Reaktionen, Stärke von Säuren und Basen (Säure- und Basenkonstanten, Säure-Base-Reihe), Neutralisation, Redoxreaktionen (Elektronenverschiebungen), Stärke von Oxidatoren und Reduktoren (Redoxreihe, Standard-Redoxpotenziale), Herstellung von Batterien und Akkumulatoren (Zink-Luft-Batterie, Alkali-Mangan-Batterie, Lithium-Batterie, Bleiakkumulator, Lithium-Ionen-Akkumulator), Brennstoffzelle, Korrosion, Reaktionsfähigkeit von Kohlenstoffverbindungen [Substitutions- und Additionsreaktionen der KW, Additions- und Kondensationsreaktionen ungesättigter KW, Energiegewinnung aus Verbrennungsreaktionen von Kohlenstoffverbindungen, Substitutionsreaktionen aromatischer KW, Eigenschaften von Kunststoffen (Thermoplaste, Duroplaste), Veresterung], Stärke von Carbon-säuren (Delokalisierung von Elektronen in der Carboxygruppe), Veresterung, elektrophile und nukleophile Reaktion, Wirksamkeit von Seifen und synthetischen Waschmitteln, Fotosynthese, Energiespeicherung in den Nährstoffen, Zellatmung mit den Details, Peptid-bildung aus Aminosäuren, α-Helix, Faltblattstruktur, Gewinnung von Eisen, Stahl, Silicium, Halbleiter, Verbindungen von Edelgasen, Struktur einer DNA, Replikation der DNA

Schmelztemperaturen und Siedetemperaturen (Aggregatzustände und ihre Übergänge), Diffusion, Trennmethoden, Streuversuch nach Rutherford, Entdeckung von Elektronen und Protonen (Ablenkungen), Massenspektroskopie), Eigenschaften von Grafit und Diamant, Bildung von Atomen aus Protonen und Elektronen (Virial-Theorem), Struktur der Elektronenhülle (Ionisierungsenergien), Unterschied Metall- Nichtmetallatome (Atomrumpf), Elektronenkonfiguration, Bildung einer Elektronenpaarbindung (Virial-Theorem), Bindungsenthalpien, Bildungsenthalpien, Elektronegativität (Atomrumpf), polare Elektronenpaarbindung, Energiebilanz chemischer Reaktionen, Berechnung der Reaktionsenthalpie, Struktur von Molekülen, Delokalisierung von Elektronen, Van-der-Waals-Kräfte, Dipol-Dipol-Kräfte, Wasserstoffbrücken, Mischbarkeit molekularer Stoffe, Metastabilität von Alkanen, Reaktionsverhalten funktioneller Gruppen von Kohlenstoffverbindungen, Bildung von Salzen (Bindungsenthalpien, Elektronenaffinität, Sublimationsenergien, Ionisierungsenergien, Gitterenthalpien), Schmelz- und Siedetemperaturen von Salzen, Löslichkeit von Salzen, (Hydrationsenthalpien), Kristallwasser, Elektrolyse von Salzen(l) und Salzen(aq), Bildung von Metallgittern, Verformbarkeit von Metallen, Schmelz- und Siedetemperaturen von Metallen, elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit von Metallen, freiwillige und unfreiwillige Reaktionen (Enthalpie und Entropie, Gibbs-Helmholtz-Gleichung), chemische Gleichgewichte und ihr Lage (Haber-Bosch-Verfahren), Säure-Base-Reaktionen, Stärke von Säuren und Basen (Säure- und Basenkonstanten, Säure-Base-Reihe), Neutralisation, Redoxreaktionen (Elektronenverschiebungen), Stärke von Oxidatoren und Reduktoren (Redoxreihe, Standard-Redoxpotenziale), Herstellung von Batterien und Akkumulatoren (Zink-Luft-Batterie, Alkali-Mangan-Batterie, Lithium-Batterie, Bleiakkumulator, Lithium-Ionen-Akkumulator), Brennstoffzelle, Korrosion, Reaktionsfähigkeit von Kohlenstoffverbindungen [Substitutions- und Additionsreaktionen der KW, Additions- und Kondensationsreaktionen ungesättigter KW, Energiegewinnung aus Verbrennungsreaktionen von Kohlenstoffverbindungen, Substitutionsreaktionen aromatischer KW, Eigenschaften von Kunststoffen (Thermoplaste, Duroplaste), Veresterung], Stärke von Carbon-säuren (Delokalisierung von Elektronen in der Carboxygruppe), Veresterung, elektrophile und nukleophile Reaktion, Wirksamkeit von Seifen und synthetischen Waschmitteln, Fotosynthese, Energiespeicherung in den Nährstoffen, Zellatmung mit den Details, Peptid-bildung aus Aminosäuren, α-Helix, Faltblattstruktur, Gewinnung von Eisen, Stahl, Silicium, Halbleiter, Verbindungen von Edelgasen, Struktur einer DNA, Replikation der DNA



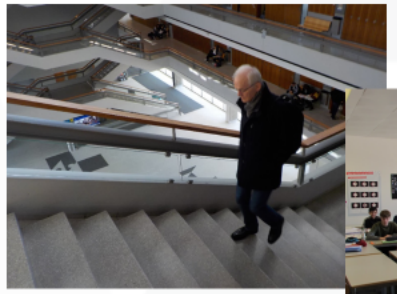






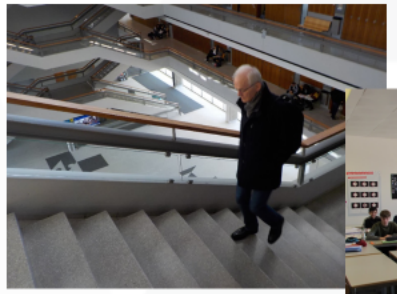






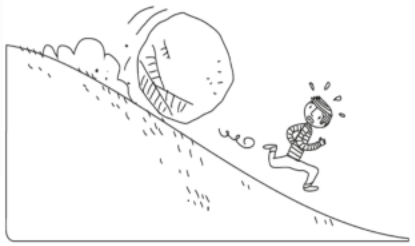


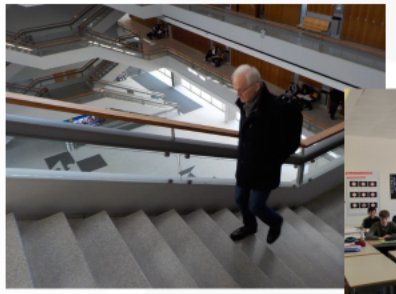








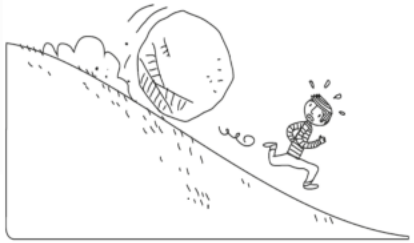


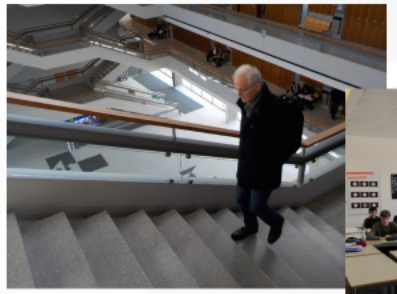






- anziehende Kräfte
- potenzielle Energie
- kinetische Energie
- Nährstoffe
- Fotosynthese
- Energieerhaltung

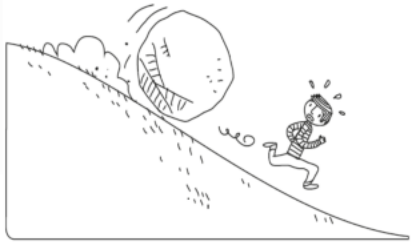




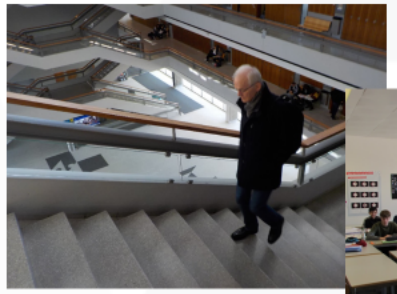




- anziehende Kräfte
- potenzielle Energie
- kinetische Energie
- Nährstoffe
- Fotosynthese
- Energieerhaltung



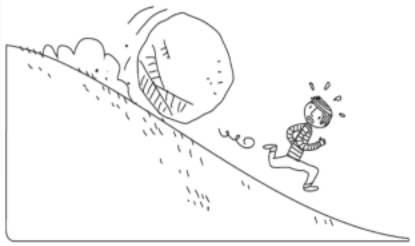
Gravitationskraft in Abhängigkeit des Abstands		
	Kräfte	Energie
kleiner Abstand	stark	E_p klein
grosser Abstand	schwach	E_p gross





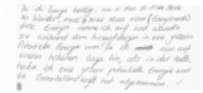


- anziehende Kräfte
- potenzielle Energie
- kinetische Energie
- Nährstoffe
- Fotosynthese
- Energieerhaltung



Gravitationskraft in Abhängigkeit des Abstands		
	Kräfte	Energie
kleiner Abstand	stark	E_p klein
grosser Abstand	schwach	E_p gross

Wenn wir unsere Nahrung aufnehmen nehmen wir Energie auf, welche von der Sonne mit Fotosynthese zu Glucose umgewandelt wurde. Wenn wir in den dritten Stock laufen wird diese Energie benötigt um uns zu bewegen (kinetischeenergie). Wenn wir im dritten Stock sind haben wir eine hohe potenzielleenergie. Das heisst unsere arbeit wurde nun in potenzielle energie umgewandelt. Die Energie geht nicht verloren.





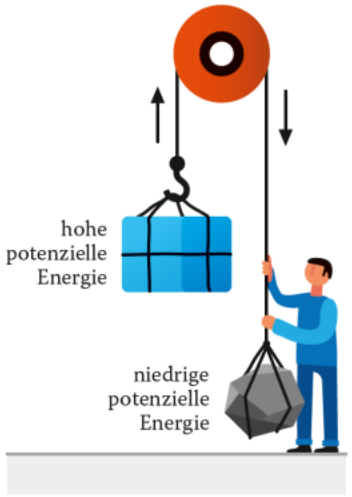
Sie gehen von der Halle des Gymnasiums in den dritten Stock zur Chemieabteilung.

Weshalb gilt dafür der Energieerhaltungssatz?

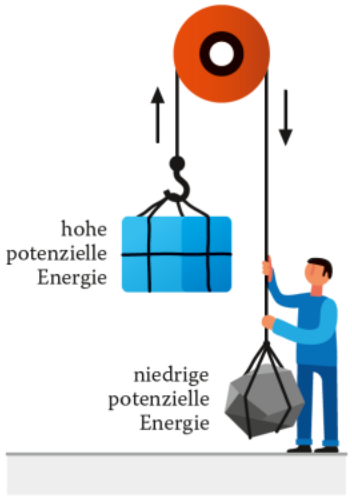
In den 3. Stock ist meine Energie (potentielle) grösser als in der Halle. ✓ Dies ist so, da ich in der Halle näher zum Erd-mittelpunkt bin und somit eine geringe Energie habe. ✓ Wenn ich in den 3. Stock gehe brauche ich die grössere potentielle Energie von irgendwo. ✓ Diese nehme ich nämlich aus der Nahrung, besser gesagt aus der Glucose. ✓ Die Glucose ist energiereich, da sie bei der Photosynthese in einen endothermen Vorgang mit Sonnenenergie aus Kohlenstoff und Wasser hergestellt wurde. ✗ Ich verwende nun eigentlich diese Energie aus der Glucose zum Treppensteigen und besitze dafür dann im 3. Stock mehr Energie. So geht die Energie in den Nahrungsmitteln nicht verloren, sondern wird einfach in eine höhere Lageenergie (von mir) im 3. Stock umgewandelt. ✓


hohe potenzielle Energie
(viel gespeichertes
Arbeitsvermögen)
beschleunigte
Bewegung
niedrige
potenzielle
Energie


hohe potenzielle Energie
(viel gespeichertes
Arbeitsvermögen)
beschleunigte
Bewegung
niedrige
potenzielle
Energie

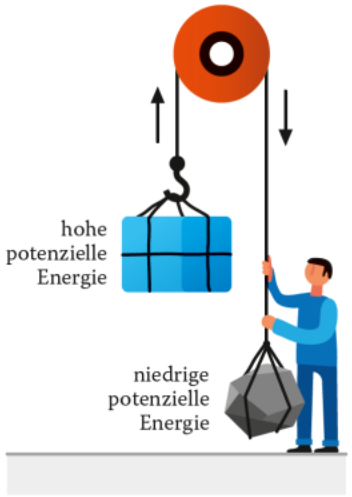

hohe
potenzielle
Energie
niedrige
potenzielle
Energie





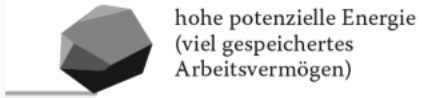
- Kraft ist die Ursache einer beschleunigten Bewegung
  - Arbeit: Verschiebung eines Gegenstands gegen die Richtung einer auf ihn wirkenden Kraft





- Kraft ist die Ursache einer beschleunigten Bewegung
- Arbeit: Verschiebung eines Gegenstands gegen die Richtung einer auf ihn wirkenden Kraft

- **Energie ist gespeichertes Arbeitsvermögen**



hohe potenzielle Energie
(viel gespeichertes
Arbeitsvermögen)

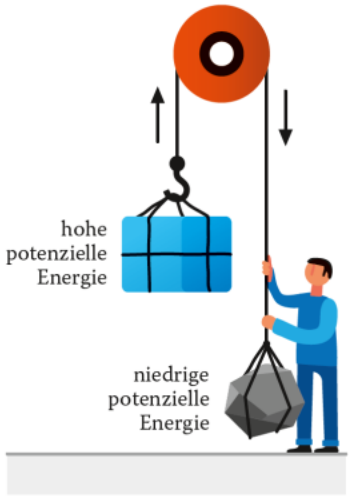


beschleunigte
Bewegung



niedrige
potenzielle
Energie





hohe
potenzielle
Energie

niedrige
potenzielle
Energie

- Kraft ist die Ursache einer beschleunigten Bewegung
  - Arbeit: Verschiebung eines Gegenstands gegen die Richtung einer auf ihn wirkenden Kraft

- Energie ist gespeichertes Arbeitsvermögen

Gravitation - Coulomb

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \qquad F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Proton-Elektron, anziehende Kraft *F*:

Gravitationskraft: $1.02 \cdot 10^{-47}$ N

Gravitation - Coulomb

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \qquad F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Proton-Elektron, anziehende Kraft *F*:

Gravitationskraft: $1.02 \cdot 10^{-47}$ N

Anziehende und abstossende Coulomb-Kräfte in Abhängigkeit des Abstands und der potenziellen Energie E_p		
	kleiner Abstand → starke Kraft	grosser Abstand → schwache Kraft
Teilchen, die sich anziehen	E_p ist klein	E_p ist gross
Teilchen, die sich abstossen	E_p ist gross	E_p ist klein

Gravitation - Coulomb

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \qquad F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Proton-Elektron, anziehende Kraft *F*:

Gravitationskraft: $1.02 \cdot 10^{-47}$ N

Anziehende und abstossende Coulomb-Kräfte in Abhängigkeit des Abstands und der potenziellen Energie E_p		
	kleiner Abstand → starke Kraft	grosser Abstand → schwache Kraft
Teilchen, die sich anziehen	E_p ist klein	E_p ist gross
Teilchen, die sich abstossen	E_p ist gross	E_p ist klein

Die Chemie beschäftigt sich mit Coulomb-Kräften und folglich mit Energiezuständen (Enthalpie).

Zeigen Sie, dass sich die Eigenschaften von Wasser mit den Coulomb-Kräften und der zufälligen Teilchenbewegung erklären lassen.

Zeigen Sie, dass sich die Eigenschaften von Wasser mit den Coulomb-Kräften und der zufälligen Teilchenbewegung erklären lassen.

Wasser

ist eine Molekülverbindung,

ist ein stabiler/energiearmer Stoff,

ist bei Raumtemperatur flüssig,

verdunstet,



Zeigen Sie, dass sich die Eigenschaften von Wasser mit den Coulomb-Kräften und der zufälligen Teilchenbewegung erklären lassen.

Wasser

ist eine Molekülverbindung,

ist ein stabiler/energiearmer Stoff,

ist bei Raumtemperatur flüssig,

verdunstet,

ist ein gutes Lösemittel,

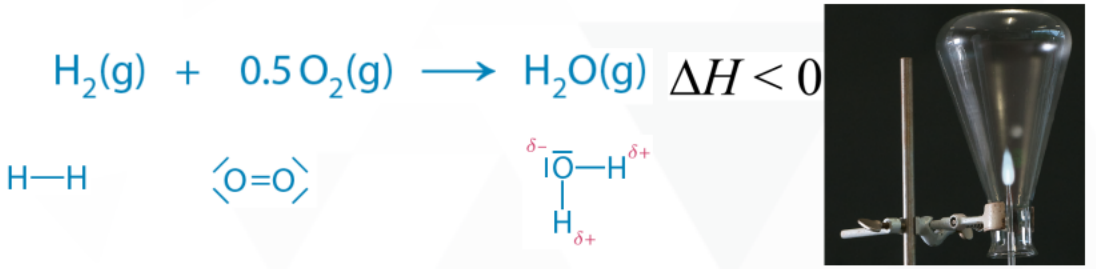
zeigt eine Dichteanomalie,

ist reaktionsfähig.

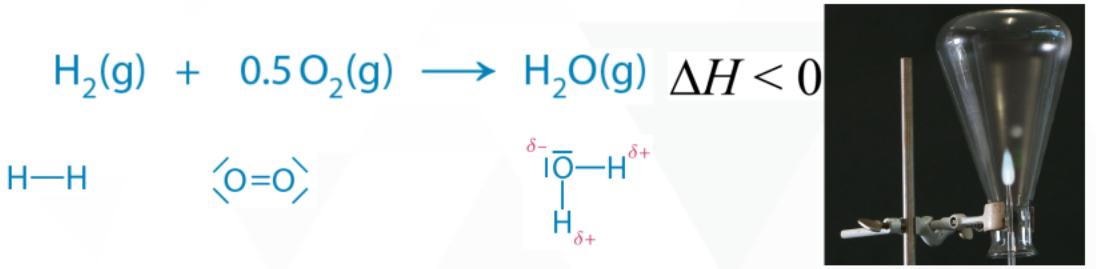
ist Ausgangsstoff für Lebensvorgänge



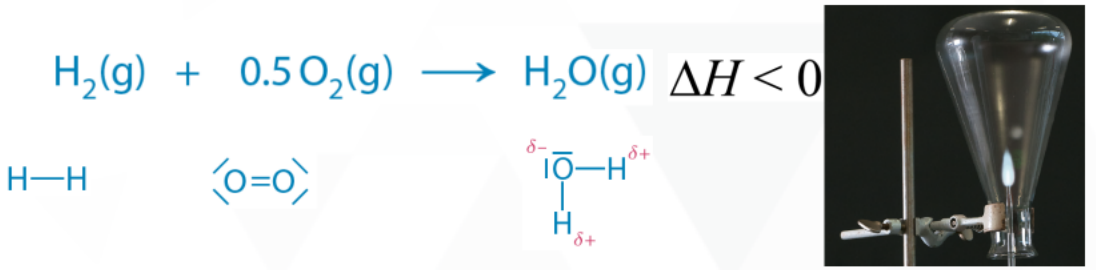
Wasser als Molekülverbindung



Wasser als Molekülverbindung

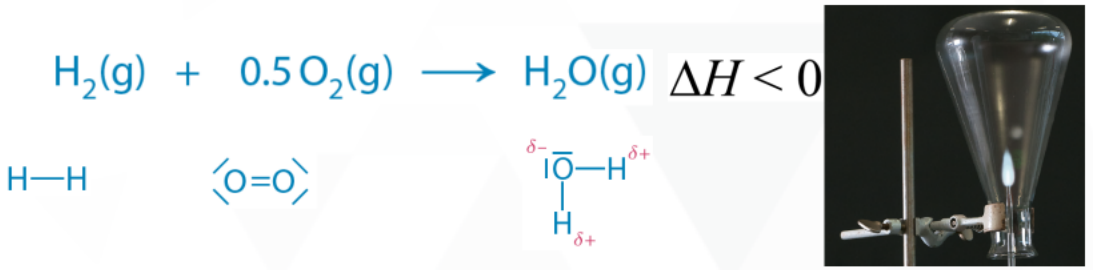


Wasser als Molekülverbindung



Elektronenpaarbindung: Erhöhte neg. Ladung zwischen zwei posiv. geladenen Atomrümpfen (QC: erhöhte Elektronendichte)

Wasser als Molekülverbindung

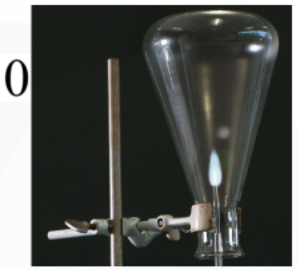


Elektronenpaarbindung: Erhöhte neg. Ladung zwischen zwei posiv. geladenen Atomrümpfen (QC: erhöhte Elektronendichte)

Coulomb-Kräfte

Wasser als Molekülverbindung

$$H_2(g) + 0.5\,O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H < 0$$



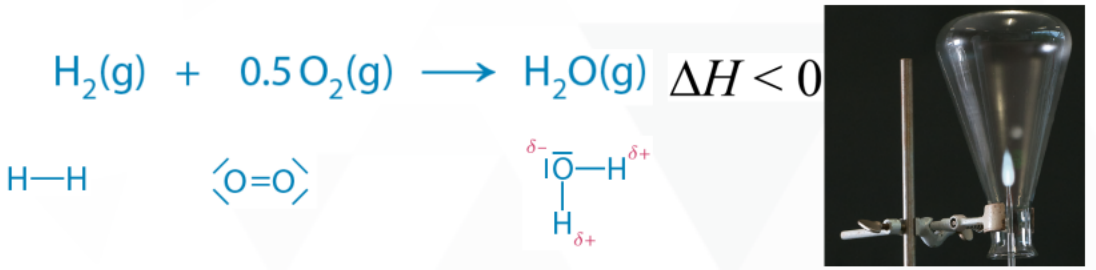


Elektronenpaarbindung: Erhöhte neg. Ladung zwischen zwei posiv. geladenen Atomrümpfen (QC: erhöhte Elektronendichte)

Coulomb-Kräfte

Wasser als stabiler / energiearmer Stoff

Wasser als Molekülverbindung



Elektronenpaarbindung: Erhöhte neg. Ladung zwischen zwei posiv. geladenen Atomrümpfen (QC: erhöhte Elektronendichte)

Coulomb-Kräfte

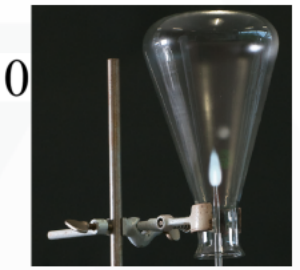
Wasser als stabiler / energiearmer Stoff

Polare Elektronenpaarbindungen sind energieärmer und damit stabiler als unpolare:

Wasser als Molekülverbindung

$$H_2(g) + 0.5\,O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H < 0$$





Elektronenpaarbindung: Erhöhte neg. Ladung zwischen zwei posiv. geladenen Atomrümpfen (QC: erhöhte Elektronendichte)

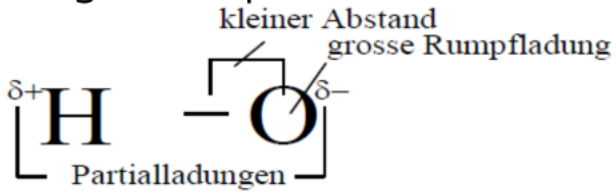
Coulomb-Kräfte

Wasser als stabiler / energiearmer Stoff

Polare Elektronenpaarbindungen sind energieärmer und damit stabiler als unpolare:

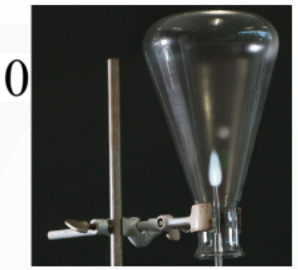
$$\Delta H_f^0\,(H_2Og) = -241.8\ kJ/mol$$

Bildungsenthalpie:



Wasser als Molekülverbindung

$$H_2(g) + 0.5\,O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H < 0$$





Elektronenpaarbindung: Erhöhte neg. Ladung zwischen zwei posiv. geladenen Atomrümpfen (QC: erhöhte Elektronendichte)

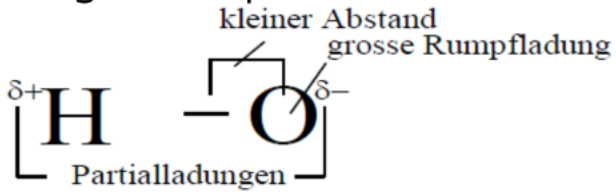
Coulomb-Kräfte

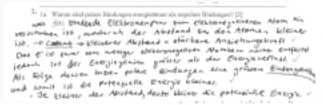
Wasser als stabiler / energiearmer Stoff

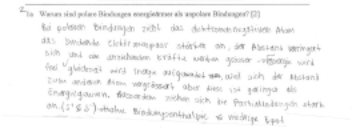
Polare Elektronenpaarbindungen sind energieärmer und damit stabiler als unpolare:

$$\Delta H_f^0\,(H_2Og) = -241.8\ kJ/mol$$

Bildungsenthalpie:





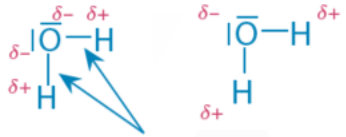


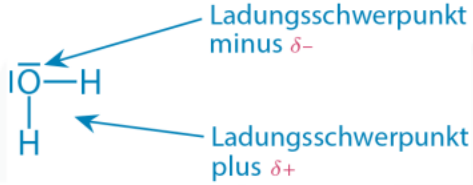
2 1a Warum sind polare Bindungen energieärmer als unpolare Bindungen? [2]

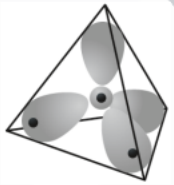
Bei polaren Bindungen zieht das elektronennegativere Atom das bindende Elektronenpaar stärker an, der Abstand verringert sich und die anziehenden Kräfte werden grösser → Energie wird frei gleichzeit wird Energie aufgewendet, weil sich der Abstand zum anderen Atom vergrössert aber diese ist geringer als Energiegewinn. Ausserdem ziehen sich die Partialladungen stark an. (δ^+ & δ^-) → Hohe Bindungsenthalpie & niedrige Epot

Wasser ist bei Raumtemperatur flüssig

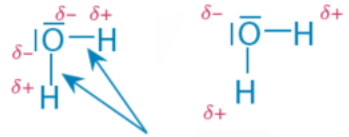
Wasser ist bei Raumtemperatur flüssig



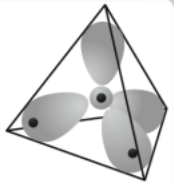




Wasser ist bei Raumtemperatur flüssig





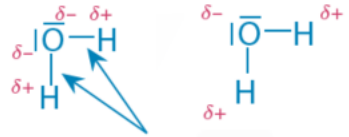


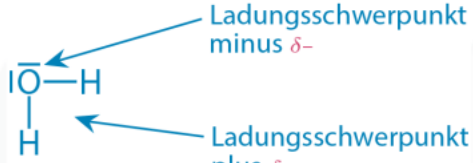


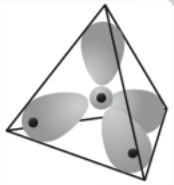


Wasserstoffbrücken

Wasser ist bei Raumtemperatur flüssig

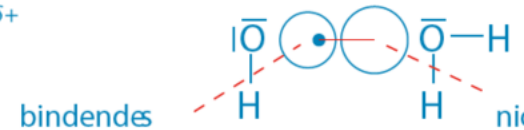






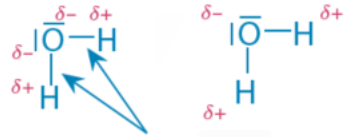


Wasserstoffbrücken

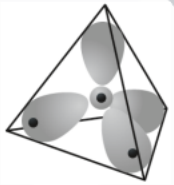


Coulomb-Kräfte

Wasser ist bei Raumtemperatur flüssig







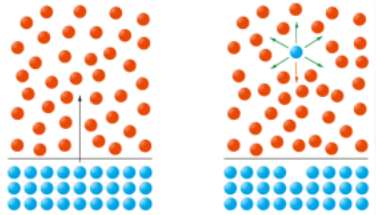


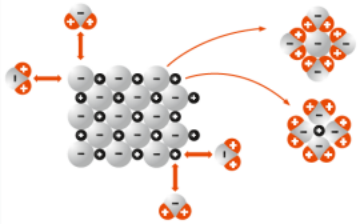


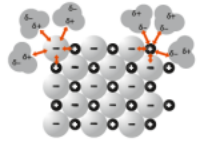
Wasserstoffbrücken

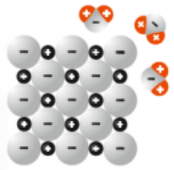
Coulomb-Kräfte

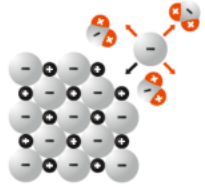
Wasser verdunstet und ist ein gutes Lösemittel



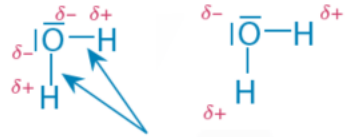


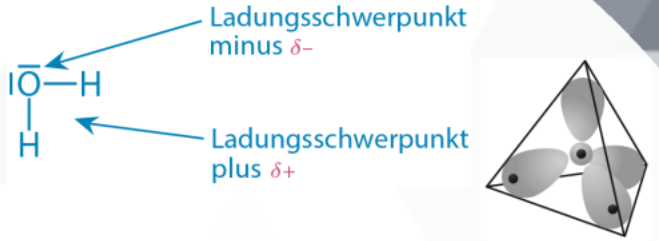






Wasser ist bei Raumtemperatur flüssig





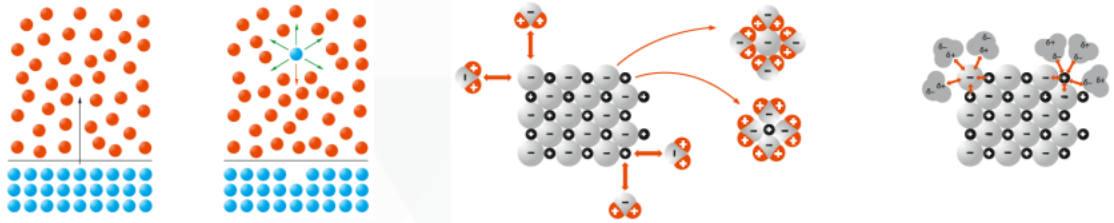


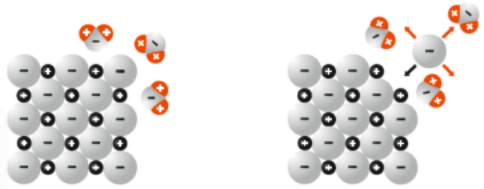


Wasserstoffbrücken

Coulomb-Kräfte

Wasser verdunstet und ist ein gutes Lösemittel

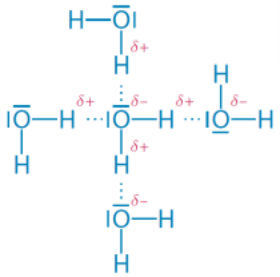


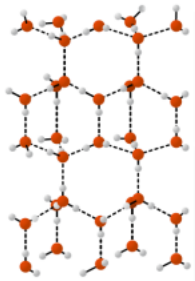


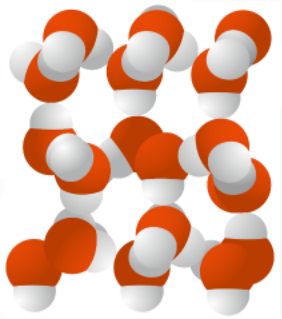
zuf. Teilchenbewegung;
Wahrscheinlichkeit
Coulomb-Kräfte

Dichteanomalie von Wasser

Dichteanomalie von Wasser

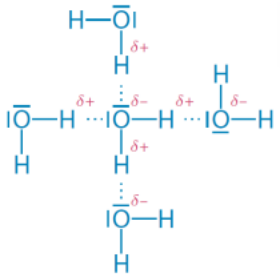


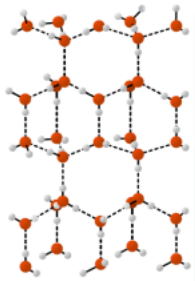


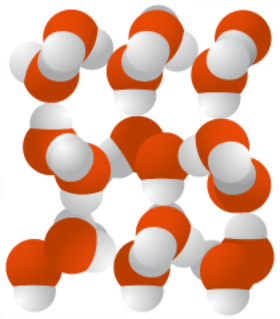


Coulomb-Kräfte

Dichteanomalie von Wasser

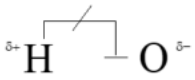






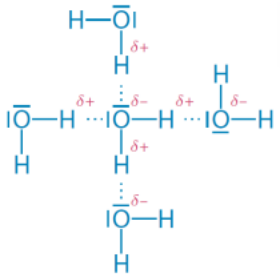
Coulomb-Kräfte

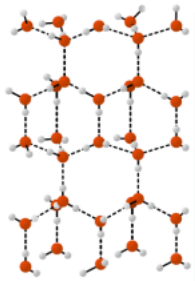
Wasser ist reaktionsfähig

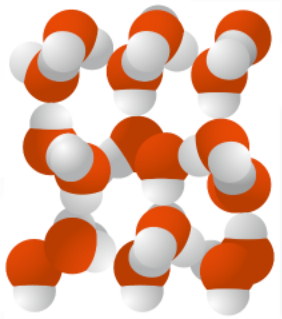


grosser Abstand, schwache anziehende Kräfte

Dichteanomalie von Wasser

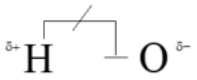






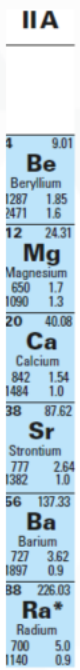
Coulomb-Kräfte

Wasser ist reaktionsfähig

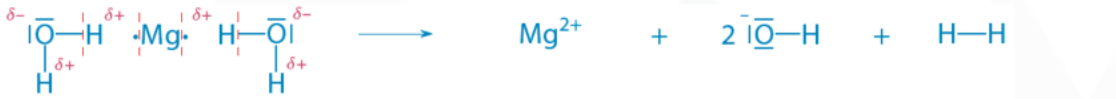


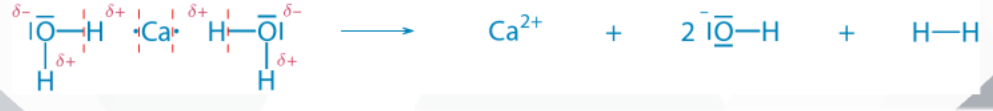
grosser Abstand, schwache anziehende Kräfte

Zunahme Rumpfdurch-messer





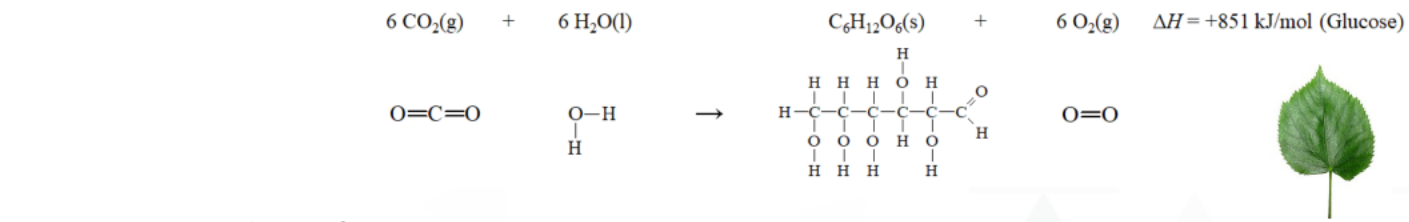




Coulomb-Kräfte

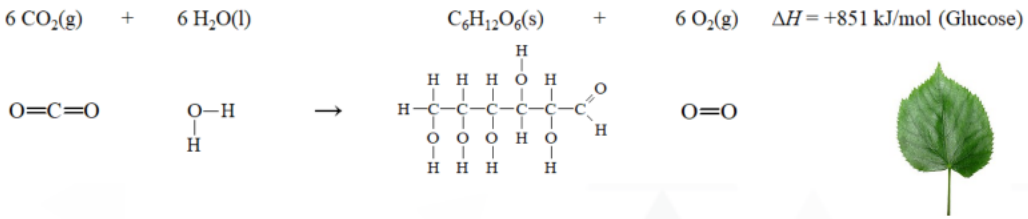
Wasser als Ausgangsstoff für Lebensvorgänge

Wasser als Ausgangsstoff für Lebensvorgänge



$\Delta H > 0$

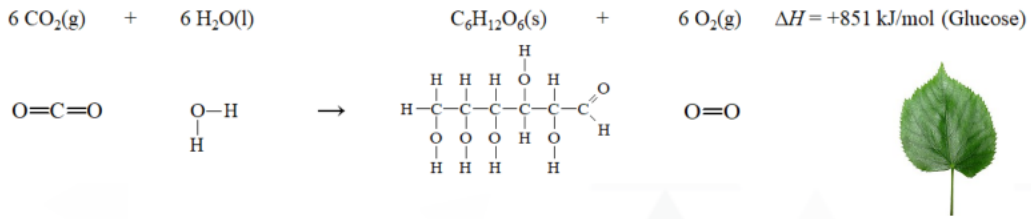
Wasser als Ausgangsstoff für Lebensvorgänge



$\Delta H > 0$

Bildung von energiereichen unpolaren (schwache Kräfte) und schwach polaren Bindungen (schwache Kräfte) aus energiearmen stark polaren Bindungen (starke Kräfte)

Wasser als Ausgangsstoff für Lebensvorgänge

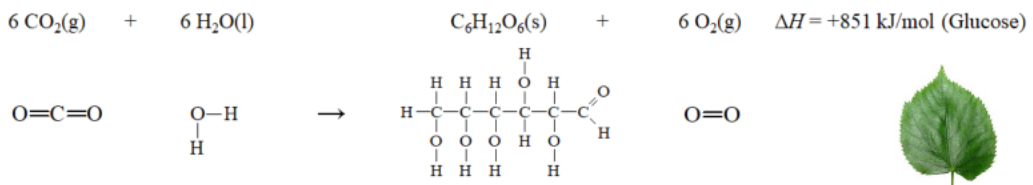


$\Delta H > 0$

Bildung von energiereichen unpolaren (schwache Kräfte) und schwach polaren Bindungen (schwache Kräfte) aus energiearmen stark polaren Bindungen (starke Kräfte)

Coulomb-Kräfte

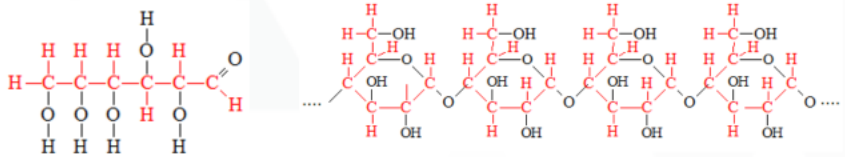
Wasser als Ausgangsstoff für Lebensvorgänge

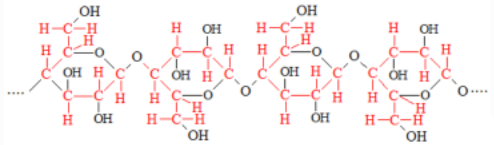


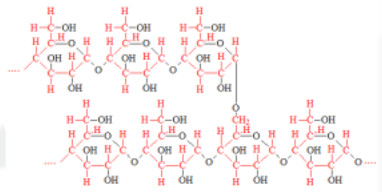
$\Delta H > 0$

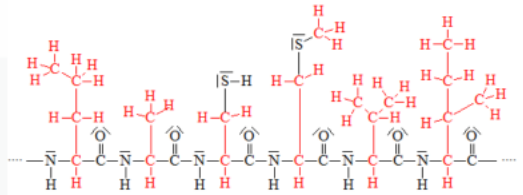
Bildung von energiereichen unpolaren (schwache Kräfte) und schwach polaren Bindungen (schwache Kräfte) aus energiearmen stark polaren Bindungen (starke Kräfte)

Coulomb-Kräfte

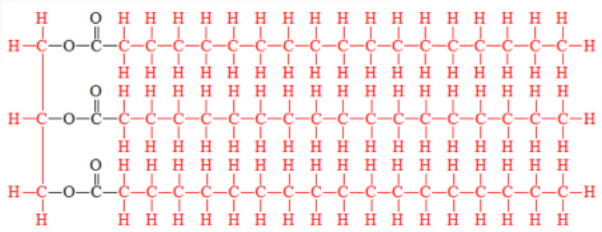












Was sollen unsere Schülerinnen und Schüler aus dem Chemieunterricht mitnehmen?

Was sollen unsere Schülerinnen
und Schüler aus dem Chemieunterricht
mitnehmen?

Es gibt universell gültige Gesetzmässigkeiten:

- Coulomb-Kräfte: Wechselwirkungen zwischen elektrisch geladenen Teilchen
- zufällige Teilchenbewegung / Wahrscheinlichkeit (absolute Temperatur)

Was sollen unsere Schülerinnen und Schüler aus dem Chemieunterricht mitnehmen?

Es gibt universell gültige Gesetzmässigkeiten:

- Coulomb-Kräfte: Wechselwirkungen zwischen elektrisch geladenen Teilchen
- zufällige Teilchenbewegung / Wahrscheinlichkeit (absolute Temperatur)

Unterricht:

- Energiebegriff
- Änderung der Coulomb-Kräfte und damit der Energiezustände bei chemischen Reaktionen (Zusammenhang Abstand-Ladung-Energie)
- Änderung der Teilchenwahrscheinlichkeiten bei chemischen Reaktionen (Teilchenzahl; Aggregatzustand; Temperatur)

- Coulomb-Kräfte innerhalb von Molekülen (Bindungsenthalpie; Bildungsenthalpie; Energiegehalt; Stabilität; Molekülstruktur)
- Kräfte zwischen Molekülen (Aggregatzustände; Löslichkeit)
- Coulomb-Kräfte in Ionenverbindungen (Gitterenthalpie; Löslichkeit; Verformbarkeit; Gitterstruktur)
- Coulomb-Kräfte in Metallen / Metalllegierungen

Was sollen unsere Schülerinnen und Schüler aus dem Chemieunterricht mitnehmen?

Es gibt universell gültige Gesetzmässigkeiten:

- Coulomb-Kräfte: Wechselwirkungen zwischen elektrisch geladenen Teilchen
- zufällige Teilchenbewegung / Wahrscheinlichkeit (absolute Temperatur)

Unterricht:

- Energiebegriff
- Änderung der Coulomb-Kräfte und damit der Energiezustände bei chemischen Reaktionen (Zusammenhang Abstand-Ladung-Energie)
- Änderung der Teilchenwahrscheinlichkeiten bei chemischen Reaktionen (Teilchenzahl; Aggregatzustand; Temperatur)

- Coulomb-Kräfte innerhalb von Molekülen (Bindungsenthalpie; Bildungsenthalpie; Energiegehalt; Stabilität; Molekülstruktur)
- Kräfte zwischen Molekülen (Aggregatzustände; Löslichkeit)
- Coulomb-Kräfte in Ionenverbindungen (Gitterenthalpie; Löslichkeit; Verformbarkeit; Gitterstruktur)
- Coulomb-Kräfte in Metallen / Metalllegierungen

- Enthalpie und Entropie
- Freiwilligkeit chemischer Reaktionen
- Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik
- Freie Enthalpie ΔG
- Gibbs Helmholtz

Was sollen unsere Schülerinnen und Schüler aus dem Chemieunterricht mitnehmen?

Es gibt universell gültige Gesetzmässigkeiten:

- Coulomb-Kräfte: Wechselwirkungen zwischen elektrisch geladenen Teilchen
- zufällige Teilchenbewegung / Wahrscheinlichkeit (absolute Temperatur)

Unterricht:

- Energiebegriff
- Änderung der Coulomb-Kräfte und damit der Energiezustände bei chemischen Reaktionen (Zusammenhang Abstand-Ladung-Energie)
- Änderung der Teilchenwahrscheinlichkeiten bei chemischen Reaktionen (Teilchenzahl; Aggregatzustand; Temperatur)

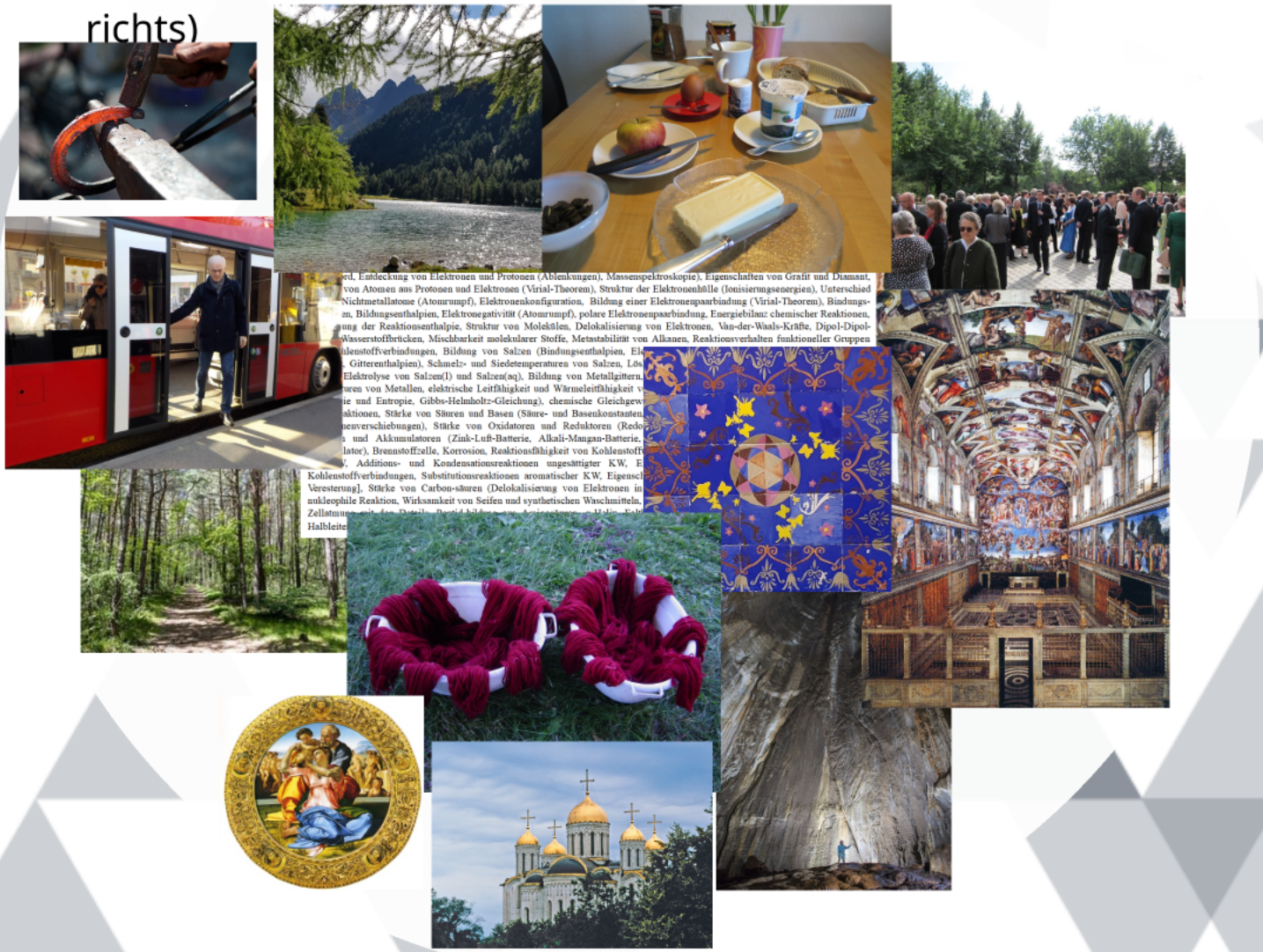
- Coulomb-Kräfte innerhalb von Molekülen (Bindungsenthalpie; Bildungsenthalpie; Energiegehalt; Stabilität; Molekülstruktur)
- Kräfte zwischen Molekülen (Aggregatzustände; Löslichkeit)
- Coulomb-Kräfte in Ionenverbindungen (Gitterenthalpie; Löslichkeit; Verformbarkeit; Gitterstruktur)
- Coulomb-Kräfte in Metallen / Metalllegierungen

- Enthalpie und Entropie
- Freiwilligkeit chemischer Reaktionen
- Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik
- Freie Enthalpie ΔG
- Gibbs Helmholtz

Ohne Energie kann man Chemie nicht verstehen - so liesse sich die Bedeutung energetischer Betrachtungen im Chemieunterricht auf einen Nenner bringen, denn es gibt praktisch keinen Inhalt im Chemieunterricht, der ohne die "Energiebrille" tatsächlich erklärt werden könnte.

Sieve, B.; Pölloth, B. 2024: Was treibt chemische Reaktionen an? Unterricht Chemie. 3/24

Coulomb-Kräfte und **Wahrschein-lichkeit** als Schlüssel zum Verstehen che-mischer Vorgänge und damit Verständnis der unbelebten und belebten Natur (Ziel des Chemieunter-richts)



Coulomb-Kräfte und **Wahrschein-lichkeit** als Schlüssel zum Verstehen chemischer Vorgänge und damit Verständnis der unbelebten und belebten Natur (Ziel des Chemieunterrichts)



Coulomb-Kräfte und **Wahrschein-lichkeit** als Schlüssel zum Verstehen chemischer Vorgänge und damit Verständnis der unbelebten und belebten Natur (Ziel des Chemieunterrichts)



So einfach ist Chemie

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

guenter.baars@bluewin.ch



Energie als zentraler Teil eines Chemielehrgangs

Zentralkurs c+b Bern 2026