

Übung 2.1-1

Schnelle Fragen zu:

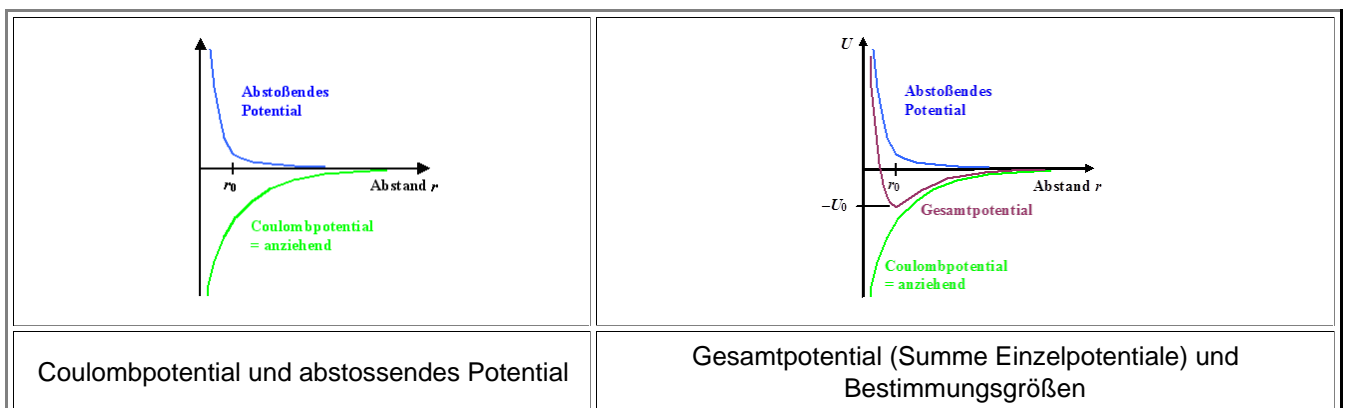
2.1 Bindungspotentiale und Eigenschaften

Hier sind einige schnelle Fragen zu 2.1.1: Das Bindungspotential

- Erkläre die Gleichung unten und berechne dazu insbesondere das Integral für einen beliebigen Abstand r – und damit das **Potential** $U(r)$ für die Coulombkraft.

$$W(r) = \int_{r_0}^{\infty} \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2} \cdot dr = - \frac{e^2}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r_0}$$

- Vergleiche das Coulombpotential zunächst **qualitativ** (d. h. nur bezüglich der mathematischen Funktionalität) mit dem Potential der Gravitationskraft; dann **quantitativ**. Um wieviel größer ist die Coulombbindungsenergie zwischen zwei typischen Ionen mit Masse m_{ion} im Abstand r im Vergleich zur Gravitationsbindungsenergie?
- Wieso ist das mit der Coulombkraft verknüpfte Potential "komplizierter" als die **potentielle Energie** mgh , die man nach gemeinhin beim Herumturnen auf der Erdoberfläche hat?
- Wie ist das mit den Vorzeichen? Vergleiche für Gravitation und Coulombkraft.
- Warum **muss** das abstoßende Potential ungefähr so aussehen wie gezeichnet (Bild unten links)? Wie sieht die zugehörige Kraftkurve aus?



- Warum ist U_0 **nicht** die **Bindungsenergie** des **NaCl-Moleküls**, sondern die Bindungsenergie der **Ionen** Na^+ und Cl^- ? Was muss noch dazu kommen, damit es die Bindungsenergie des **NaCl-Moleküls** wird?

Zeichne für das **Modellpotential** im Link folgende Größen so quantitativ als möglich ein:

- Die **wirkende Kraft**: Auf Vorzeichen aufpassen und Maxima / Minima sowie Wendepunkte, wo immer erforderlich, berücksichtigen. Man darf annehmen, dass die Potentialkurve ums Minimum herum ganz gut durch eine Parabel dargestellt werden kann.
- Nur mal so zeichnen wir noch die **2. Ableitung** der Potentialkurve ein. Was könnte der Nulldurchgang für eine Bedeutung haben?
Hinweis: Man stelle sich vor, man versuche "per Hand" ein Molekül zu zerreißen, und betrachte die Kraft, die dazu nötig ist.

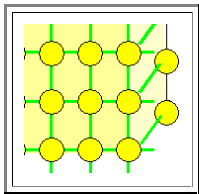
Was ist:

- Die **Madelungkonstante**? Wie kann man sie im Prinzip ausrechnen?
- Die **Ionisierungsenergie**? Was kann man über Zahlenwerte qualitativ sagen (z. B. bei Betrachtung von Alkali-Metallen, Halogenen, Edelgasen, Edelmetallen, ...)
- Die **Elektronenaffinität**? Wodurch unterscheidet sie sich **prinzipiell** von der Ionisierungsenergie?
Hinweis: Übers Vorzeichen nachdenken.

Hier sind einige schnelle Fragen zu 2.1.2: Bindungspotentiale, Federn und Elastizitätsmodul

- Was für ein Potential muss eine ideale Feder (mit einer Federkonstante) haben, d. h. was für ein Funktionstyp liegt vor?
- Wie ist **Dehnung** definiert; was ist die Maßeinheit?
- Was unterscheidet mech. Spannung vom Druck? Wie vergleichen sich die Maßeinheiten?
- Was verbindet Federkonstante k_{Fed} und E -Modul?
Hinweis 1: Man betrachte keine gewickelte Feder (dann ist die Federkonstante auch von der Art der Wicklung abhängig), sondern ein gerades Stück (wie im [Bild](#) gezeigt). Zeige, dass gilt:
 $k_{\text{Fed}} = F/\Delta l = E \cdot (A/l) = E \cdot r_0$ mit $r_0 \approx$ Bindungsabstand.
Hinweis 2: Man darf Federn und Materialien so klein als möglich machen, aber nicht kleiner.
- Ist $\sigma = 1 \text{ GPa}$ im täglichen Leben eine große oder eher normale mech. Spannung? Überschlage z. B. die Spannung in einem Kranseil, das bei einem Querschnitt von 1 cm^2 locker etliche Tonnen trägt.
- Skizziere in einem Spannungs-Dehnungs-Diagramm die Verformungskurve für folgende Fälle (benutze halbwegs realistische Dehnungen und einen Stern o.ä. für Bruch; benutze das Diagramm im Skript als Ausgangspunkt, es zeigt ein mittelhartes duktiles Material):
 - Ein sehr **hartes** (großer E -Modul) und **sprödes** Material.
 - Ein deutlich **weicherer** aber immer noch **sprödes** Material.
 - Ein typisches **Metall** (Hinweis: Metalle sind nicht spröde!)
 - Ein **Elastomer**, vulgo Gummi.**Hinweis:** Man kann die Frage mit etwas Vorstellungskraft und der alltäglichen Erfahrung beantworten, man muss das nicht "gelernt" haben.
- Wie kann man den E -Modul bei (quantitativ) gegebenem Potentialtopf graphisch bestimmen?
- Was verbindet den Schmelzpunkt und das Bindungspotential?
- Warum ist der E -Modul in etwa proportional zum Schmelzpunkt?

Hier sind einige schnelle Fragen zu 2.1.3: Bindungspotentiale und weitere Eigenschaften



- Was ist an dem typischen Bild eines Kristalls, wie nebenstehend gezeigt, im Grunde falsch?
- Was ist Temperatur ganz allgemein? Konkret für einen Kristall? Wie müsste man das in die Skizze einzeichnen (und warum tut man das i.a. nicht)?
- Hat ein Auto, das mit $v = 100 \text{ km/h}$ und bei 20° C durch die Gegend fährt, eine größere **thermische Energie** als wenn es geparkt ist? Hat es eine größere **Gesamtenergie** als wenn es geparkt ist? Wo kommt ggf. der Unterschied her?
- Zeichne einen typischen Bindungspotentialtopf. Zeichne schematisch ein, wo das gebundene Atom sich bei 0 K und bei zwei endlichen Temperaturen befindet (eine davon dicht am Schmelzpunkt). Wo ist es im Mittel? Was kann man zur mittleren Energie aussagen?
- Wie ist der thermische Ausdehnungskoeffizient definiert, und wie ergibt er sich (graphisch) aus dem Potential?
- Wie groß ist die Eigenfrequenz einer Masse m an einer Feder mit Federkonstanten k_{Fed} ?
- Mit welcher Frequenz (Größenordnung) vibrieren Atome im Kristall? Was bestimmt die (mittlere) Amplitude? Wo liegt diese Frequenz relativ zu bekannten Bändern im elektromagnetischen Spektrum?
- Wie ergibt sich (graphisch) die maximale Bruchspannung und -dehnung aus dem Potential? Welche Größenordnung hat die max. Bruchdehnung in %? Was sagt das Experiment?

Hier sind einige schnelle Fragen zu 2.1.4: Vom Bindungspotential zum Kristall

- Was für eine Kristallsorte erwarten wir für ungerichtete Bindungen und gleichgroße Atome?
- Schwefel (**S**) hat zwei gerichtete Bindungsarme. Was kann als Festkörper allenfalls zustandekommen?
- Wie groß ist der Tetraederwinkel? (Rechnen!) Was zeichnet ihn aus? Welche räumliche Anordnungen bekommt man beim "Zusammenstecken" von Atomen?
- Welche Bedingungen müssen alle Ionenkristalle in kleinen Volumina erfüllen? Versuche, damit folgende Kristalle zu konstruieren:

- Na^+Cl^-
- $\text{Ca}^{2+}\text{F}^{-2}$

Warum müssen sie strukturell unterschiedlich sein?