1. Gegeben sei das **elektrostatische Feld** $\vec{E} = (6xy,\ 3x^2 - 3y^2,\ 0)$.

   a) Man berechne das **Linienintegral** von $\vec{E}$ vom Punkt $(0,\ 0,\ 0)$ über den Punkt $(x_1,\ 0,\ 0)$ zum Punkt$(x_1,\ y_1,\ 0)$. (*Lösung:* $\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = 3x_1^2 y_1 - y_1^3$)

   b) Berechnen Sie nun das **Linienintegral** von $\vec{E}$ vom Punkt $(0,\ 0,\ 0)$ über den Punkt $(0,\ y_1,\ 0)$ zum Punkt $(x_1,\ y_1,\ 0)$. (*Lösung:* $\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = 3x_1^2 y_1 - y_1^3$)

   c) Vergleichen Sie die beiden Resultate! Welche physikalische Bedeutung hat das Linienintegral $\int \vec{E} \cdot d\vec{s}$?

   Hinweis: Alle gegebenen Punkte mögen durch Geraden verbunden werden.

2. **Thomsonsches Atommodell:** Eine **positive Ladung q** sei homogen über eine Vollkugel mit dem **Radius R** verteilt. In der Mitte der Kugel befinde sich eine **punktförmigen negative Ladung $-q$**.

   a) Berechnen Sie das **elektrische Feld $\vec{E}$** und das **Potential ϕ** dieser Ladungsanordnung im gesamten Raum.
   (*Lösung: Potential im Inneren der Kugel:* $\phi(r) = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \left(\frac{3}{2 \cdot R} - \frac{r^2}{2 \cdot R^3} - \frac{1}{r} \right)$)

   b) Berechnen Sie die **Energie W**, welche nötig ist, um die negative **Punktladung aus dem Zentrum der Kugel ins Unendliche zu befördern**, zunächst allgemein und dann für $\boldsymbol{R = 0{,}53\,\text{Å}}$ (1. Bohr'scher Radius) und $\boldsymbol{q = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\text{C}}$ (Elementarladung). (*Lösung:* $W = 6{,}53 \cdot 10^{-18}\,\text{J}$)

   Hinweis: Benutzen Sie das Superpositionsprinzip und das Gauß'sche Gesetz der Elektrostatik.

3. Gesucht sind Potential und Stärke des elektrostatischen Feldes einer kreisförmigen Platte vom Radius $\boldsymbol{R = 0{,}1\,\text{m}}$ im Abstand $\boldsymbol{d = 0{,}2\,\text{m}}$ senkrecht über dem Mittelpunkt der Platte. Die Platte trage die Ladung $\boldsymbol{Q = 1\,\mu\text{C}}$ und befinde sich im Vakuum. (*Lösung:* $\phi = 42{,}4\,\text{kV},\ E = 1{,}9 \cdot 10^5\,\text{V}\,\text{m}^{-1}$)

4. **Madelung-Konstante eines einfachen ionischen Systems:** Man berechne die potentielle Energie je Ion für einen unendlich langen eindimensionalen ionischen Kristall, das heißt: eine Reihe aus äquidistant angeordneten Ladungen vom Betrag e mit stets wechselndem Vorzeichen.
   Hinweis: Die Taylor-Reihenentwicklung von $\ln(1+x)$, *beziehungsweise die Kenntnis des Konvergenzverhaltens der alternierenden harmonischen Reihe sind hilfreich.*

5. Bei ungestörtem schönen Wetter beträgt das senkrecht nach unten gerichtete elektrische Feld in Bodennähe $\boldsymbol{E_1 = 130\,\text{V}\,\text{m}^{-1}}$ und in $\boldsymbol{h = 10\,\text{km}}$ Höhe $\boldsymbol{E_2 = 4\,\text{V}\,\text{m}^{-1}}$.

   a) Berechnen Sie daraus die **Flächenladungsdichte σ** der Erdoberfläche und die (als homogen angenommene) **Raumladungsdichte ρ** der Atmosphäre. (*Lösung:* $\rho = 1{,}12 \cdot 10^{-13}\,\text{C}\,\text{m}^{-3}$)

   b) Welche **Potentialdifferenz U** herrscht zwischen Erdoberfläche und 10 km Höhe? (*Lösung:* $U = 670\,\text{kV}$)

Bitte wenden ↷

6. Gegeben sind zwei **Punktladungen $\boldsymbol{Q_1}$** und **$\boldsymbol{Q_2}$**. Es gelte: $|Q_1| > |Q_2|$. Weiters seien die **Vorzeichen** von Q_1 und Q_2 **entgegengesetzt**. **$\boldsymbol{Q_1}$** befinde sich **im Ursprung**, **$\boldsymbol{Q_2}$** liege **im Punkt $\boldsymbol{x = b}$**.

   a) Man bestimme jene Punkte x_1 und x_2 auf der x-Achse, in denen das **Potential null** ist.

   b) Man zeige, dass auf der **Oberfläche einer Kugel**, welche **die Punkte $\boldsymbol{x_1}$** und **$\boldsymbol{x_2}$ beinhaltet und** deren **Mittelpunkt auf der $\boldsymbol{x}$-Achse liegt**, das **Potential** dieser Ladungsanordnung **ebenfalls gleich null** ist.