

Engaging Physics Tutoring

Clicker Runde

Lektion 11 – Biot-Savard Gesetz und Lorentzkraft

Konzepte

Lorentz-Kraft

- Die Richtung der Lorentzkraft kann mithilfe der Rechten-Hand-Regel für positive Teilchen und der Linken-Hand-Regel für negative Teilchen bestimmt werden. (1,2)
- In einem Leiter fließen im allgemeinen Elektronen, deshalb muss die Linke-Hand-Regel benutzt werden um die Richtung der Beschleunigung verwendet werden. (1,2)
- Die Lorentzkraft wirkt immer senkrecht auf die Bewegungsrichtung und zwingt Teilchen auf Kreisbahnen. (3)

Biot-Savard-Gesetz

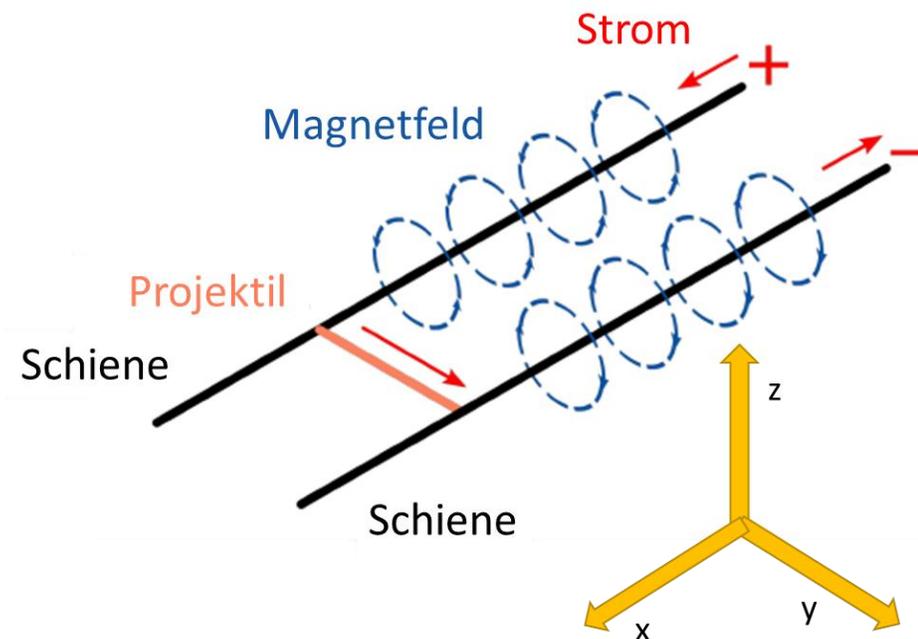
- Die Magnetfeldstärke B ist (5,6)
 - $\propto I$: proportional zum Strom, welcher in einem Leiter fließt.
 - $\propto dr$: proportional zur Länge des Stromfurchflossenen Elements.
 - $\propto \frac{1}{r^2}$: umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes zwischen Messpunkt und Leiter.

Frage 1

In den letzten Jahrzehnten wurden sogenannte «Railguns» entwickelt. Dort wird ein starker Strom genutzt um ein Magnetfeld zu erzeugen, welches dann über die Lorentzkraft ein Projektil beschleunigt.

In welche Richtung wird das Projektil in der rechten Skizze geschossen?

- a) + x Richtung
- b) - x Richtung
- c) - z Richtung
- d) + z Richtung



Frage 1

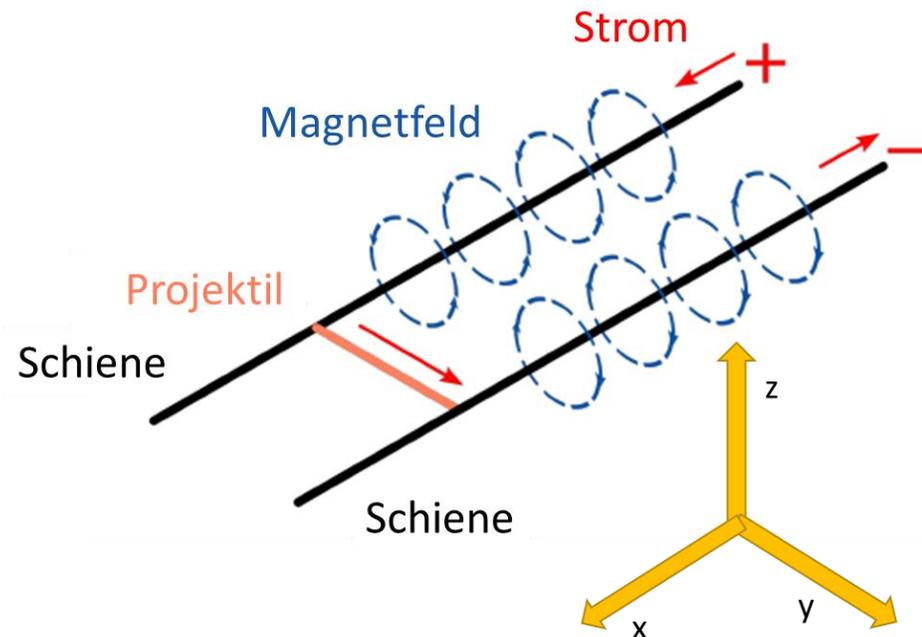
- Magnetfeld zeigt in +z Richtung
- Elektronen fließen entgegen technische Stromrichtung
- Linke-Hand-Regel für Elektronen
- Projektil bewegt sich in +x Richtung



In den letzten Jahrzehnten wurden sogenannte «Railguns» entwickelt. Dort wird ein starker Strom genutzt um ein Magnetfeld zu erzeugen, welches dann über die Lorentzkraft ein Projektil beschleunigt.

In welche Richtung wird das Projektil in der rechten Skizze geschossen?

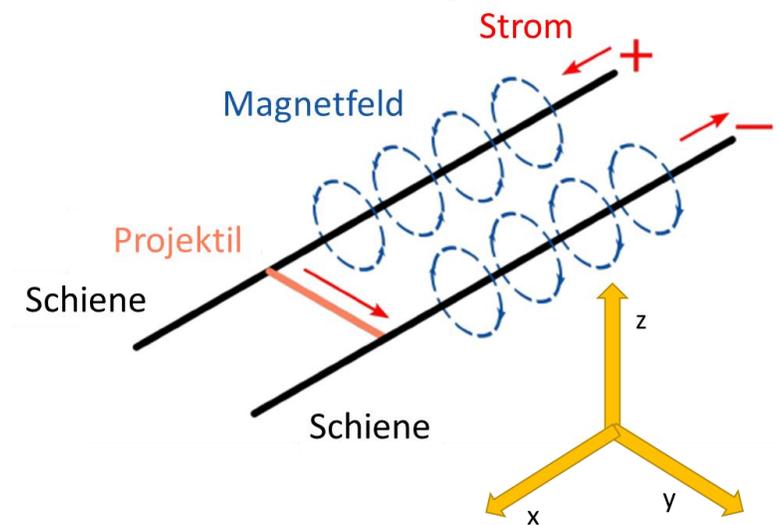
- a) + x Richtung
- b) - x Richtung
- c) - z Richtung
- d) + z Richtung



Frage 2

Müsste sich laut Rechte/Linke-Hand-Regel die Lorentzkraft auf das Projektil umkehren, wenn man die Stromrichtung ändern würde?

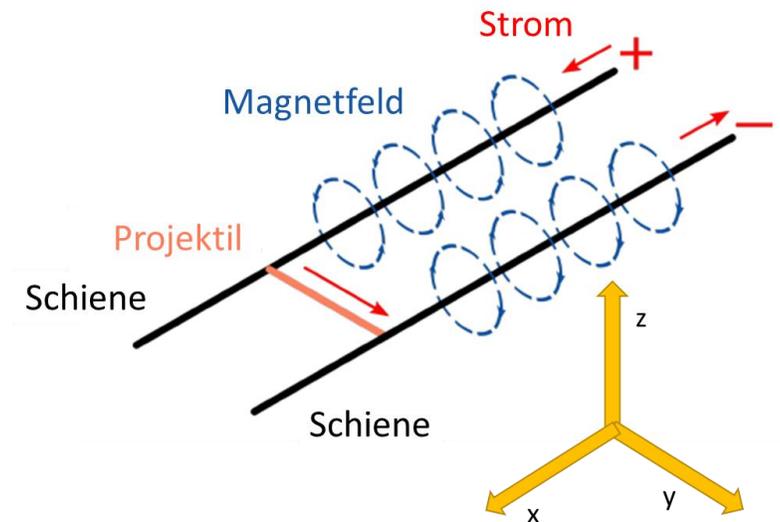
- a) Ja, solche Kanonen sind gefährlich.
- b) Nein, das ist sehr praktisch.



Frage 2

Wenn der Stromfluss umgedreht wird, laufen auch die Magnetfeldlinien anders herum!

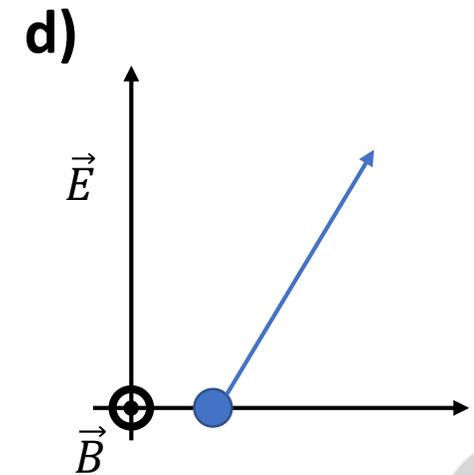
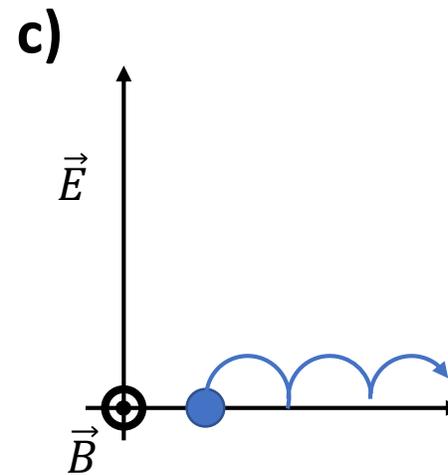
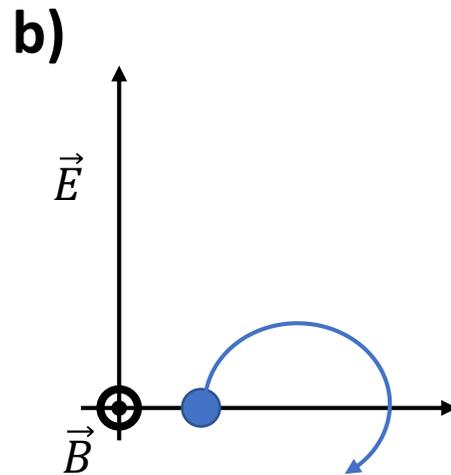
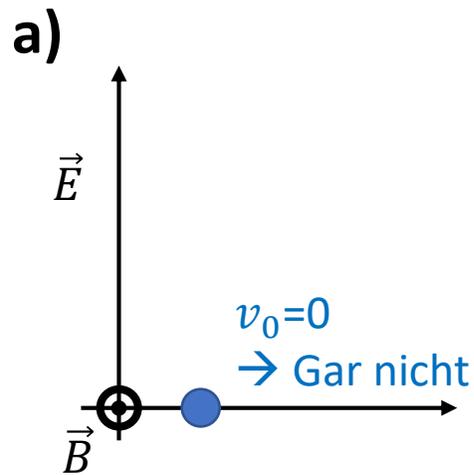
Müsste sich laut Rechte/Linke-Hand-Regel die Lorentzkraft auf das Projektil umkehren, wenn man die Stromrichtung ändern würde?



- a) Ja, solche Kanonen sind gefährlich.
- b) Nein, das ist sehr praktisch.**

Frage 3

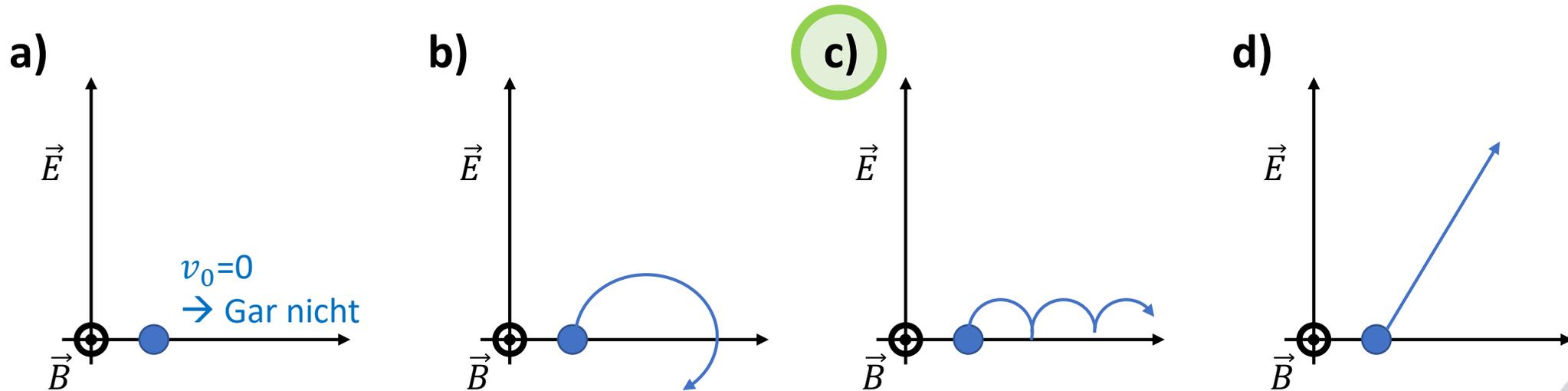
Gegeben ist ein \vec{E} -Feld in y-Richtung und ein \vec{B} -Feld in z-Richtung (aus der Bildebene heraus). Ein Proton wird nun in das $\vec{E} \times \vec{B}$ Feld gelegt. Wie wird es sich bewegen?



Frage 3

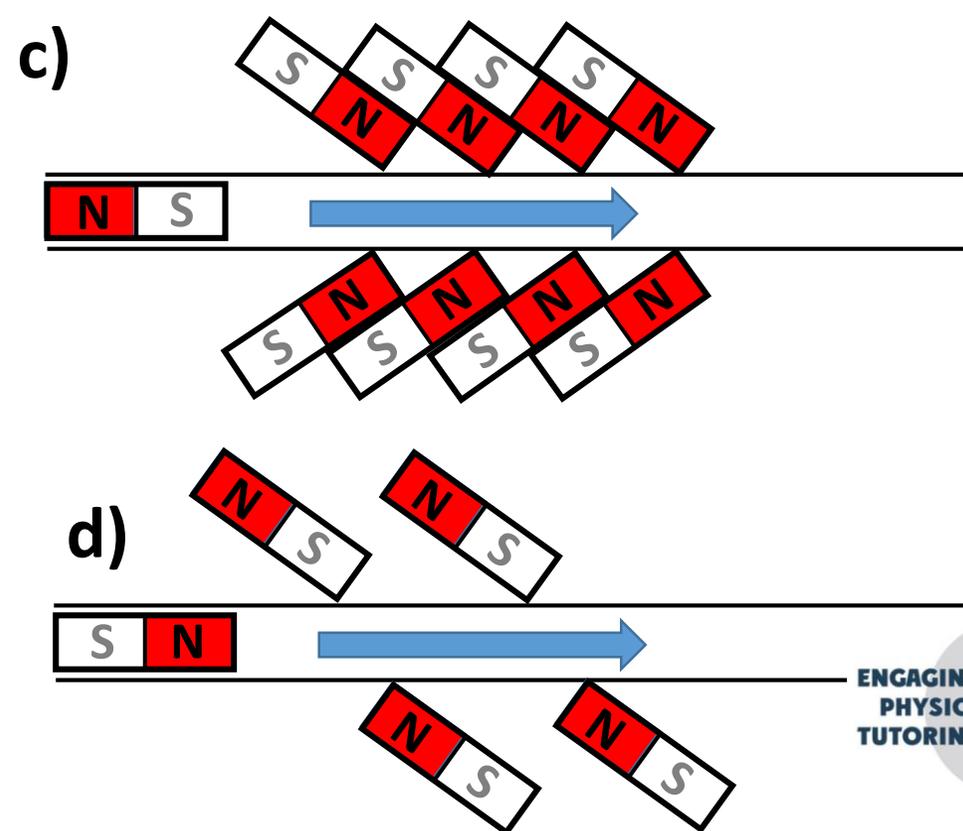
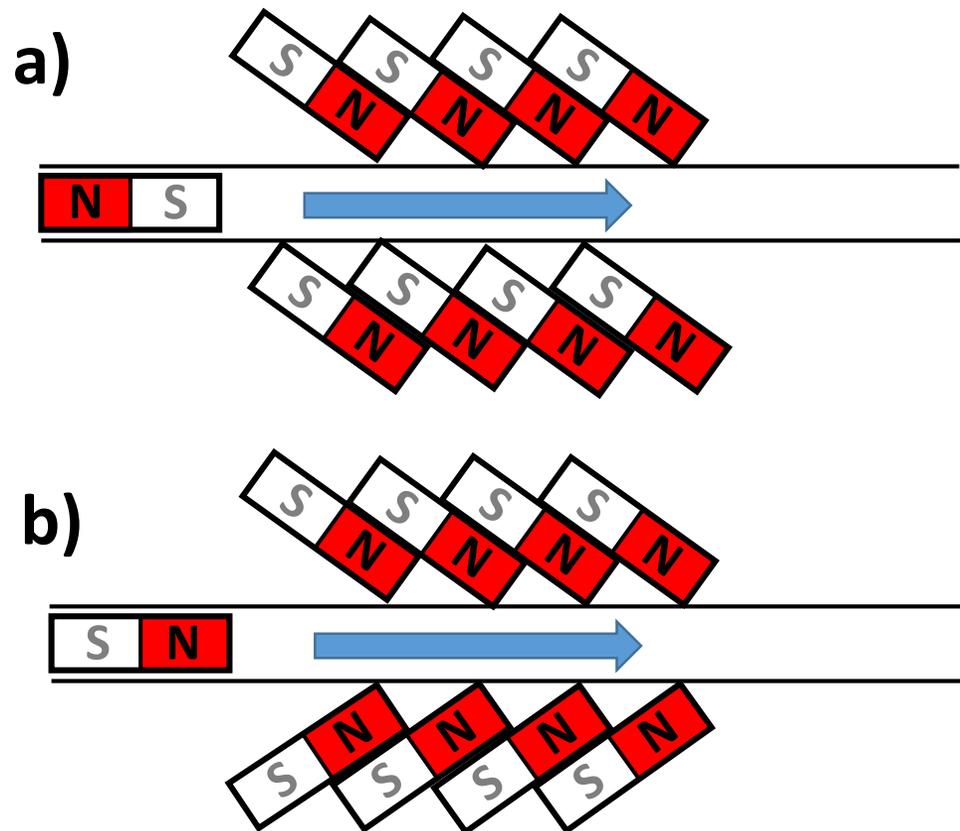
Nicht a): Das Proton wird sicher am Anfang durch das E-Feld nach oben beschleunigt.
Nicht b): Kreisbahn stimmt, aber das Proton verlangsamt sich, sobald es sich entgegen der Feldlinien bewegt. Es kann also maximal einen Halbkreis machen.
Nicht d): Das Magnetfeld sorgt für eine Lorentzkraft → Proton kann sich nicht geradlinig bewegen.
C) ist richtig. Intuition: Das Proton wird durch das E-Feld beschleunigt → Lorentzkraft → Kreisbahn → läuft gegen E-Feld → wird abgebremst → weniger Lorentzkraft → Proton kommt zur Ruhe → Prozess wiederholt sich

Gegeben ist ein \vec{E} -Feld in y-Richtung und ein \vec{B} -Feld in z-Richtung (aus der Bildebene heraus). Ein Proton wird nun in das $\vec{E} \times \vec{B}$ Feld gelegt. Wie wird es sich bewegen?



Frage 4

Wie müssen die Magnete stehen, damit der kleine Magnet in der Mitte hindurchgeschossen werden kann?



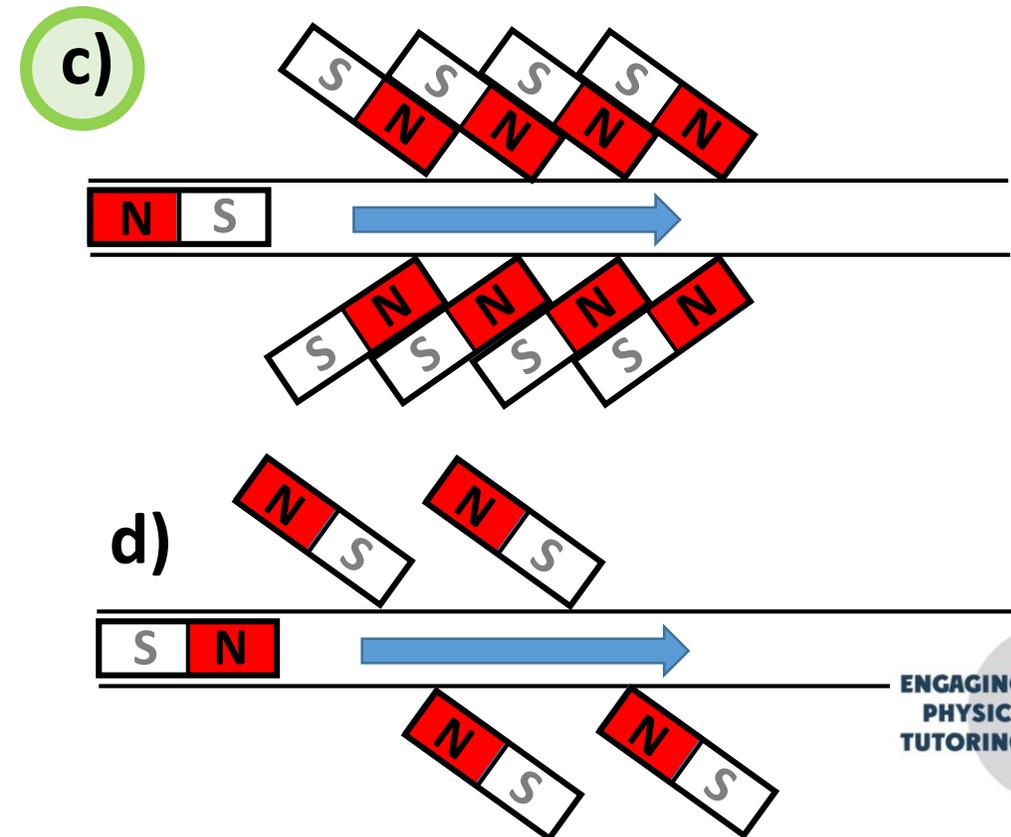
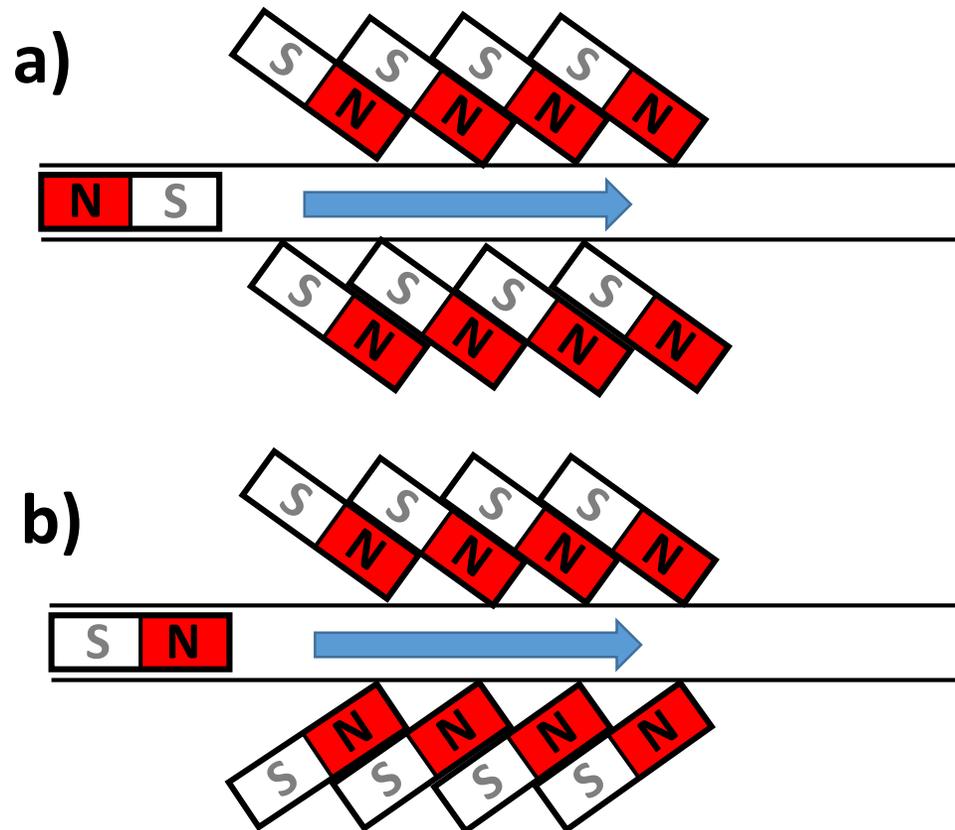
Frage 4

Nicht a): dort wird er abgelenkt.

Nicht b): dort wird er abgebremst.

Nicht d): dort wird er von oben angezogen und von unten geblockt.

Wie müssen die Magnete stehen, damit der kleine Magnet in der Mitte hindurchgeschossen werden kann?



Frage 5

Welche der Aussagen über das Biot-Savard-Gesetz stimmt **nicht**?

- a) Der Betrag des Magnetfeldes ist direkt proportional zum Strom welcher durch den Leiter fließt.
- b) Der Betrag des Magnetfeldes ist direkt proportional zur Länge des stromführenden Elements dr .
- c) Der Betrag des Magnetfeldes ist umgekehrt proportional zum Abstand hoch zwei vom stromführenden Element dr .
- d) Der Betrag des Magnetfeldes ist umgekehrt proportional zum Abstand hoch drei vom stromführenden Element dr .

Frage 5

Biot-Savard Gesetz lautet:

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_C \frac{I d\vec{r}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

wir sehen: $B \propto I$, $B \propto dr$ und $B \propto \frac{1}{|\vec{r}-\vec{r}'|^2}$ weil sich der Abstand $\vec{r} - \vec{r}'$ ein mal «kürzt».

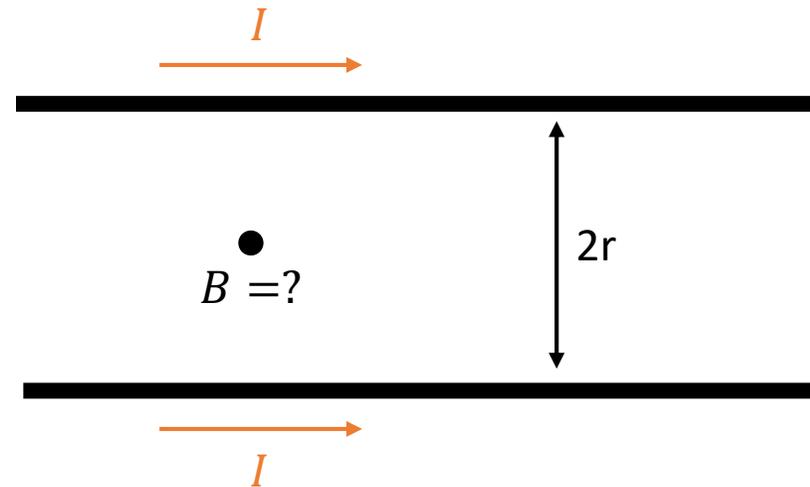
Welche der Aussagen über das Biot-Savard-Gesetz stimmt **nicht**?

- a) Der Betrag des Magnetfeldes ist direkt proportional zum Strom welcher durch den Leiter fließt.
- b) Der Betrag des Magnetfeldes ist direkt proportional zur Länge des stromführenden Elements dr .
- c) Der Betrag des Magnetfeldes ist umgekehrt proportional zum Abstand hoch zwei vom stromführenden Element dr .
- d) Der Betrag des Magnetfeldes ist umgekehrt proportional zum Abstand hoch drei vom stromführenden Element dr .

Frage 6

Zwei parallele Leiter im Abstand $2r$ voneinander führen den gleichen Strom I in dieselbe Richtung. Wie gross ist das Magnetfeld genau zwischen den beiden?

- a) $B = 0$
- b) $B = \frac{\mu_0 I}{r}$
- c) $B = \frac{4\mu_0 I}{r}$
- d) $B = \frac{\mu_0 I}{4r}$



Frage 6

Wir müssen zwei Beiträge checken:

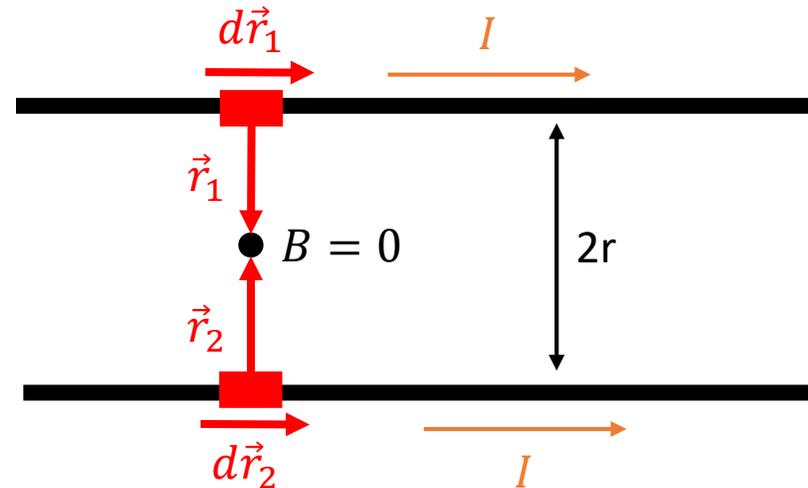
$$B = B(\vec{r}_1) + B(\vec{r}_2)$$

Aus Symmetrie reicht es nur das Beispiel in der Skizze zu betrachten.

Wir benutzen Biot-Savard und sehen: $d\vec{r}_1 \times \vec{r}_1$ hat denselben Betrag wie $d\vec{r}_2 \times \vec{r}_2$ aber genau das umgekehrte Vorzeichen! \rightarrow die beiden Beiträge heben sich auf.

Zwei parallele Leiter im Abstand $2r$ voneinander führen den gleichen Strom I in dieselbe Richtung. Wie gross ist das Magnetfeld genau zwischen den beiden?

- a) $B = 0$
- b) $B = \frac{\mu_0 I}{r}$
- c) $B = \frac{4\mu_0 I}{r}$
- d) $B = \frac{\mu_0 I}{4r}$



Alternativ: Rechte-Hand-Regel: Magnetfeld vom oberen Leiter zeigt zwischen den Leitern ins Blatt hinein, das vom unteren Leiter zeigt zwischen den Leitern aus dem Blatt heraus \rightarrow heben sich auf.