

Herzlich willkommen zu den vorbereitenden Übungsaufgaben für die **Mainzer Teilchenphysik Akademie 2024**. Bei den folgenden Denksport-Aufgaben wollen wir nicht nur dein physikalisches Verständnis abfragen, sondern insbesondere erfahren wie du mit Problemstellungen umgehst. Denke also daran deine **Rechnungen** und **Ansätze** gut zu **dokumentieren**.

Bei der ersten Aufgabe handelt es sich um eine Sammlung von **Schätzfragen**, die **verpflichtend** zu bearbeiten sind. **Mindestens eine** der **anderen Aufgaben** solltest du ebenfalls bearbeiten. Alle Informationen, die du auf Wikipedia, Statista, SpringerLink oder in Büchern findest, darfst du gerne nutzen. Allerdings musst du dann deine **Quelle** auch **korrekt angeben**.

Schicke uns im Anschluss die Lösung der Übungsaufgaben zusammen mit **Anschreiben, Lebenslauf, Einverständniserklärung** und **Datenschutzerklärung** als **zusammenhängendes PDF** an:

**[teilchenphysik-akademie@uni-mainz.de](mailto:teilchenphysik-akademie@uni-mainz.de)**

Nun viel Spaß beim Lösen der Aufgaben!

---

## Aufgabe 1: Schätzen (**verpflichtend!**)

Auch wenn die Physik eine exakte Wissenschaft ist, bleibt einem manchmal nichts anderes übrig als einen Zahlenwert abzuschätzen. Nun kann man aber gut und schlecht schätzen. Hier soll es darum gehen gut zu schätzen. Die Art solcher Aufgaben geht tatsächlich auf den Kernphysiker und Nobelpreisträger Enrico Fermi zurück. Wir wollen dabei aber nicht ins Blaue hinein raten, sondern unsere Schätzungen mit Rechnungen begründen und alle Annahmen transparent darlegen.

Ein kleines Beispiel. Denke über die Frage nicht zu viel nach, rate einfach mit und notiere dir deine Antwort. Du wirst verblüfft sein, wie sehr man daneben liegen kann. Hier kommt die Frage: Wie groß ist die Masse von 1000 Stahlkugeln mit einem Durchmesser von 1 mm?

Zugegeben, die exakte Lösung liegt auf der Hand ( $m = V_{\text{Kugel}} \cdot \rho_{\text{Stahl}} \cdot 1000$ ), aber tun wir mal so als wüssten wir nicht wie man das Volumen einer Kugel berechnet und die Dichte von Stahl können wir gerade auch nicht googeln. Also schätzen wir:

Wenn man 10 dieser Kugeln in eine Reihe legt, ist diese Kette 1 cm lang und  $10 \cdot 10 \cdot 10$  ist 1000. Mit anderen Worten: Alle Stahlkugeln passen in einen Würfel der Kantenlänge 1 cm, also in ein Volumen von  $1 \text{ cm}^3$ . Wasser hat eine Dichte von  $1 \text{ g cm}^{-3}$ , Blei hat eine Dichte von irgendwas über  $10 \text{ g cm}^{-3}$ . Stahl wird irgendwo dazwischen liegen. Sagen wir mal  $6 \text{ g cm}^{-3}$ . Eine Kugel mit einem Durchmesser von 1 cm hat aber ein geringeres Volumen als ein Würfel mit der Kantenlänge 1 cm. Mehr als die Hälfte, aber weniger als drei Viertel – sagen wir mal zwei Drittel. Somit würden wir eine Gesamtmasse von 4 g schätzen. Das exakte, berechnete Ergebnis liegt übrigens bei 4.1 g.

Na? Wie weit lagst du daneben? So Jetzt bist du dran. Folgende Werte sollst du für uns sinnvoll abschätzen:

- Wie viele Gebäude gibt es in Deutschland?
- Welche Fläche müsste bebaut werden, um alle Gebäude der Welt darauf stellen zu können?
- Die Fläche welchen Staates könnte man dazu vollständig ausnutzen?
- Welches Land würde als Parkfläche für alle Fahrzeuge der Bewohner ausreichen?

## Aufgabe 2: Kepler

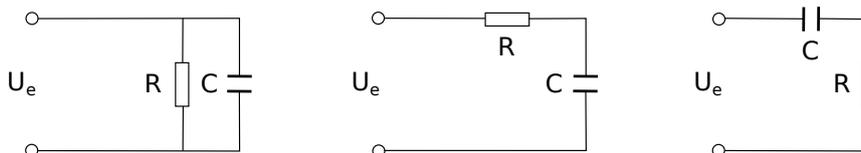
Der Mann im Mond hat Langeweile und beschließt, seine nähere Umgebung etwas genauer zu studieren. Er erstellt dabei folgende Tabelle der inneren Planeten unseres Sonnensystems:

Planet	Merkur	Venus	Erde	Mars
Entfernung zur Sonne [Mio. km]	58	108	150	228
Umlaufdauer in Tagen	88	225	365	687

- Verwende diese Daten, um das dritte Keplersche Gesetz zu überprüfen. Trage dazu die Daten (bzw. aus diesen errechnete Werte) so in ein Diagramm ein, dass sich ein linearer Zusammenhang ergibt.
- Bestimme die Masse der Sonne aus der Steigung dieses Graphen und der Gravitationskonstanten. ( $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ )

## Aufgabe 3: Elektrische Schaltung

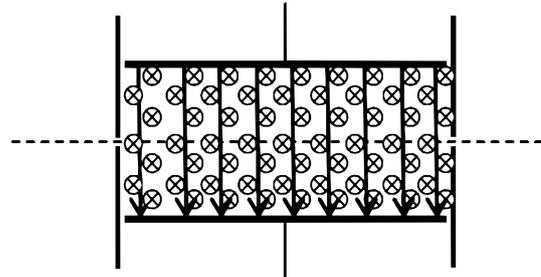
In einer Box sind ein Kondensator mit der Kapazität  $C$  sowie ein Widerstand mit dem Widerstandswert  $R$  in einer der folgenden drei Konfigurationen eingebaut:



Bei Anlegen einer Gleichspannung stellt man durch Messung des durch die Spannungsquelle gelieferten Stromes einen Widerstand von  $50 \Omega$  fest, bei Anlegen einer Wechselspannung mit einer Frequenz von  $50 \text{ Hz}$  einen Widerstand von  $20 \Omega$ . Entscheide, welche der drei gezeigten Konfigurationen vorliegt und berechne die Werte für  $R$  und  $C$ .

## Aufgabe 4: Wien-Filter

Die Skizze zeigt ein so genanntes Wien-Filter, das man einsetzt, um aus einem Strahl geladener Teilchen diejenigen heraus zu filtern, die sich mit einer Geschwindigkeit  $v$  bewegen. Dazu wird mit einem Plattenkondensator ein homogenes elektrisches Feld (Stärke  $E$ ) erzeugt und in der Richtung senkrecht dazu ein (ebenfalls homogenes) Magnetfeld  $B$  überlagert. Der Teilchenstrahl tritt durch ein Eintrittsfenster in den Feldbereich ein und verlässt es durch das gegenüberliegende Austrittsfenster. Bei geeigneter Einstellung von  $E$  und  $B$  verbleiben im Strahl nur Teilchen der passenden Geschwindigkeit  $v$ , während die anderen aus dem Strahl entfernt werden.



- Auf welcher Bahn bewegen sich Teilchen der Masse  $m$  und der Ladung  $q$  durch die Apparatur, wenn sie mit Geschwindigkeit  $v$  eintreten und nur das elektrische Feld eingeschaltet ist? Die Teilchen verfehlen die Austrittsöffnung um eine gewisse Distanz  $d$ . Wie hängt  $d$  von der Länge der Kammer und dem elektrischen Feld ab?
- Sind beide Felder eingeschaltet, können Teilchen mit der richtigen Geschwindigkeit die Apparatur durchqueren. Wie hängt diese Geschwindigkeit von den Feldstärken ab? Wie müssen die Felder gepolt werden, damit die gewünschte Wirkung eintritt? Berechne für den Fall einer magnetischen Feldstärke von  $B = 7.5 \text{ mT}$  sowie einer elektrischen Feldstärke  $E = 2.5 \times 10^6 \text{ V m}^{-1}$  die Geschwindigkeit der Teilchen, die ungehindert das Wien-Filter passieren können.
- Verwendet man Teilchen einer bestimmten Masse, könnte man annehmen, dass man das Wien-Filter auch als Energiefilter verwenden kann. Die Breite  $\Delta E$  der Energieverteilung, die transmittiert wird, ist hierbei durch die Breite der Austrittsöffnung gegeben. Diskutiere was mit der Energiebreite  $\Delta E$  passiert, wenn die Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit liegen.