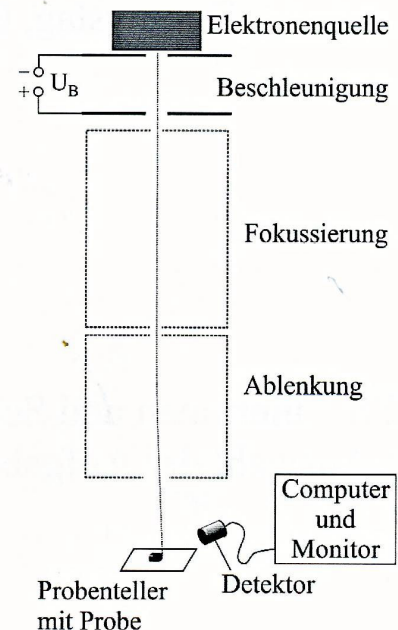


- BE 1.0 In einem Experiment soll der Betrag der Fallbeschleunigung bestimmt werden. Dazu lässt man zum Zeitnullpunkt eine kleine Eisenkugel aus der Ruhe heraus verschieden lange vertikale Strecken der Länge  $h$  durchfallen und misst jeweils die zugehörige Fallzeit  $t$ .
- 6 1.1 Fertigen Sie eine vollständig beschriftete Skizze eines möglichen Versuchsaufbaus an, die alle erforderlichen Geräte enthält. Erläutern Sie, wie die Fallzeit hierbei gemessen wird.
- 1.2.0 Bei der Durchführung des Versuchs erhält man die folgenden Messergebnisse:

$h$ in cm	30	50	70	90	110
$t$ in s	0,25	0,32	0,38	0,43	0,48

- 5 1.2.1 Ermitteln Sie durch grafische Auswertung, wie  $h$  von  $t$  abhängt.
- 3 1.2.2 Geben Sie den Zusammenhang zwischen  $h$  und  $t$  in Form einer Gleichung an und bestimmen Sie die dabei auftretende Konstante  $k$  aus dem Diagramm von 1.2.1. [mögliches Ergebnis:  $k = 4,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ]
- 2 1.2.3 Bestimmen Sie aus der Konstanten  $k$  den Betrag der vorliegenden Fallbeschleunigung.
- 3 1.2.4 Mit zunehmenden Fallhöhen nimmt der Einfluss der Luftwiderstandskraft auf die Fallzeit beim freien Fall zu. Geben Sie an, wie sich die Luftwiderstandskraft auf die Fallzeit auswirkt und begründen Sie, wie die veränderte Fallzeit den ermittelten Betrag der Fallbeschleunigung beeinflusst.
- 4 1.3 Ein Körper benötigt konkret für einen freien Fall im Vakuum die Fallzeit  $t_F = 0,60$  s.  $v$  ist der Betrag der Momentangeschwindigkeit  $\vec{v}$  des fallenden Körpers zum Zeitpunkt  $t$ . Zeichnen Sie das zugehörige  $t$ - $v$ -Diagramm für  $0 \leq t \leq t_F$ . Geben Sie die physikalische Bedeutung des Flächeninhalts der zwischen Graph,  $t$ -Achse und der Geraden mit der Gleichung  $t = t_F$  eingeschlossenen Fläche an. Für den Betrag die Fallbeschleunigung gilt  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Maßstab:  $0,10 \text{ s} \triangleq 1 \text{ cm}$ ;  $1,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \triangleq 1 \text{ cm}$

- 2.0 Ein Rasterelektronenmikroskop (kurz REM) besitzt eine deutlich höhere Auflösung als ein Lichtmikroskop. Im Folgenden soll das Funktionsprinzip eines REM betrachtet werden. Ein fein fokussierter Elektronenstrahl tastet dabei die Oberfläche einer Probe ab. Ein Detektor erfasst die gestreuten Elektronen. Aufgrund der aufgenommenen Daten kann dann ein stark vergrößertes Bild der Probe auf einem Monitor erzeugt werden (siehe Skizze). Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum. Die Gewichtskraft der Elektronen ist zu vernachlässigen.
- 4 2.1 In der Elektronenquelle werden freie Elektronen mit Hilfe der Glühemission erzeugt. Geben Sie eine technische Möglichkeit an, wie sich eine solche Elektronenquelle einfach realisieren lässt und erläutern Sie die Vorgänge bei der Glühemission.



BE

2.2.0 Die Elektronen gelangen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit in das homogene elektrische Feld eines Beschleunigungskondensators. Dort durchlaufen sie die Beschleunigungsspannung  $U_B = 1,8 \text{ kV}$  und verlassen den Kondensator mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}$ .

3 2.2.1 Zeigen Sie ausgehend von einem Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie, dass für den Betrag der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  gilt:  $v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_e} \cdot U_B}$ , wobei  $e$  für die Elementarladung und  $m_e$  für die Elektronenmasse steht.

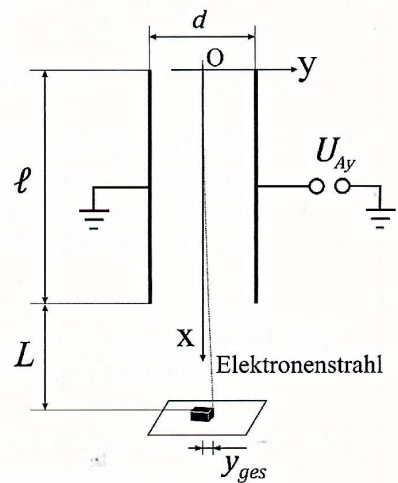
3 2.2.2 Berechnen Sie  $v$  und führen Sie eine Einheitenumrechnung durch.

2.3.0 Die Ablenkeinheit soll hier aus zwei Plattenkondensatoren bestehen. Es wird nur der Kondensator betrachtet, der aufgrund der Ablenkspannung  $U_{Ay}$  eine Ablenkung des Elektronenstrahls in  $y$ -Richtung bewirkt. Die Länge der Kondensatorplatten beträgt  $\ell = 10,0 \text{ cm}$ , der Plattenabstand hat den Wert  $d = 3,0 \text{ cm}$ .

Die Elektronen, welche die Beschleunigungsspannung  $U_B = 1,8 \text{ kV}$  durchlaufen haben, treten nach der Fokussierung mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  mittig in den Ablenkkondensator ein.

Die Bewegungsrichtung der Elektronen ist beim Eintritt senkrecht zu den elektrischen Feldlinien. Im Eintrittspunkt befindet sich der Koordinatenursprung  $O$  des zugrunde gelegten Koordinatensystems (siehe Skizze).

Das elektrische Feld ist auf den Bereich zwischen den Kondensatorplatten begrenzt.



5 2.3.1 Zeigen Sie durch allgemeine Herleitung, dass bezüglich des vorgegebenen Koordinatensystems für die Bahn der Elektronen im Kondensator für  $0 \leq x \leq \ell$  die folgende Gleichung gilt:  $y = \frac{U_{Ay}}{4 \cdot d \cdot U_B} \cdot x^2$ .

6 2.3.2 Die Probe befindet sich im Abstand  $L$  unterhalb des Ablenkkondensators. An der Probe erreicht der Elektronenstrahl gegenüber der  $x$ -Achse die Ablenkung  $y_{ges}$ . Zeigen Sie, dass für diese Ablenkung gilt:

$$y_{ges} = \frac{\ell \cdot (\ell + 2L)}{4 \cdot d \cdot U_B} \cdot U_{Ay}$$

2 2.3.3 Die Ablenkspannung kann maximal auf  $U_{Ay,max} = 30,0 \text{ V}$  eingestellt werden. Berechnen Sie für  $L = 19,9 \text{ cm}$  die maximale Auslenkung  $y_{ges,max}$  des Elektronenstrahls an der Probe gegenüber der  $x$ -Achse in der Einheit  $\text{mm}$ .

4 2.3.4 Der Strom der Elektronen zwischen Elektronenquelle und Probe hat die Stärke  $I = 3,2 \text{ nA}$ . Berechnen Sie die Anzahl  $N$  der Elektronen, die in einer Zeitspanne von  $\Delta t = 1,0 \text{ s}$  auf die Probe treffen.