a)
- Die Kapazität des Kondensators kann aus seiner Geometrie bestimmt werden, es gilt:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot \frac{0,12^2}{0,008}\,\mathrm{F} \approx 1,59 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{F} = 16\,\mathrm{pF}\,.$$

  Die Ladung lässt sich mittels $Q = C \cdot U$ bestimmen:

$$Q = C \cdot U = 1,59 \cdot 10^{-11} \cdot 220\,\mathrm{C} \approx 3,5 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{C} = 3,5\,\mathrm{nC}\,.$$

- Die elektrische Feldstärke E im Plattenkondensator berechnet sich mit:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{220}{0,008}\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}} \approx 2,8 \cdot 10^4\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}\,,$$

  und die im Feld gespeicherte Energie gilt:

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,59 \cdot 10^{-11} \cdot 220^2\,\mathrm{J} \approx 3,9 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{J}\,.$$

- Änderung der Werte bei angeschlossener Spannungsquelle.
  - Bei angeschlossener Spannungsquelle ändert sich die Spannung nicht
  - Die Kapazität steigt auf den $3,5$-fachen Wert, da für die Kapazität gilt:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}\,.$$

  - Wegen $Q = C \cdot U$ steigt die Ladung ebenfalls auf den $3,5$-fachen Wert an.
  - Die Feldstärke bleibt aufgrund $E = \frac{U}{d}$ konstant.
  - Wegen $W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$ steigt die im Feld gespeicherte Energie auf den $3,5$-fachen Wert an.
- Änderung der Werte bei abgetrennter Spannungsquelle.
  - Bei abgetrennter Spannungsquelle ändert sich die Ladung nicht.
  - Die Kapazität steigt auf den $3,5$-fachen Wert, da für die Kapazität gilt:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}\,.$$

  - Wegen $U = \frac{1}{C} \cdot Q$ sinkt die Spannung auf den $\frac{1}{3,5}$-fachen Wert.
  - Die Feldstärke fällt wegen $E = \frac{U}{d}$ auf den $\frac{1}{3,5}$-fachen Wert ab.
  - Wegen $W = \frac{1}{2} \cdot C^* \cdot (U^*)^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,5 \cdot C \cdot \left(\frac{1}{3,5}U\right)^2 = \frac{1}{3,5} \cdot W$, sinkt die gespeicherte Energie auf $\frac{1}{3,5} \cdot W$.

b)
- Die Geschwindigkeit, mit der das Kügelchen die andere Kondensatorplatte erreicht, erhält man aus der Energieerhaltung, es gilt:

$$\begin{aligned} q \cdot U &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ v &= \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 10\,000}{3 \cdot 10^{-6}}}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 5,8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,. \end{aligned}$$

- Das Kügelchen bewegt sich gleichmäßig beschleunigt im homogenen elektrischen Feld, dies bedeutet, dass das Geschwindigkeits-Zeit Diagramm eine Gerade darstellt. Deshalb scheidet das Diagramm 4 aus, da hier der Zusammenhang mindestens quadratisch ist.
  Bei der Reflexion des Kügelchens an der Kondensatorplatte ändert sich die Bewegungsrichtung und somit das Vorzeichen im Geschwindigkeits-Zeit Diagramm, weshalb das Diagramm auch ausscheidet.
  Da sich bei der Reflexion die Ladung nur das Vorzeichen ändert, erfährt es immer die gleiche konstante Kraft, und somit ist die Beschleunigung betragsmäßig gleich. Im Diagramm 2 ist jedoch die Beschleunigung nach dem Aufprall betragsmäßig kleiner, weshalb dieses Diagramm ebenfalls ausscheidet.
  In Diagramm 3 hat die Geschwindigkeit einen Vorzeichenwechsel, die Steigung ist betragsmäßig gleich und die Benötigte Zeit für den Rückweg ist geringer, dies ist das gesuchte Diagramm.

c)

- Nach anschließen der Spannungsquelle steigt die Stromstärke in der Spule an eine stromdurchflossene Spule erzeugt im innern ein Magnetfeld. Die ansteigende Stromstärke erzeugt ein ansteigendes Magnetfeld, nach der Lenzschen wird eine Gegenspannung $U_{ind} = -L \cdot \dot{I}$ induziert, die der Ursache, dem ansteigenden Strom, entgegenwirkt, somit haben wir im Stromkreis zwei Spannungsquellen U_0 und U_{ind}. Somit gilt:
  $$U(t) = U_0 + U_{ind}(t) = U_0 - L \cdot \dot{I}(t) = R \cdot I(t)\,.$$
  D.h. für den Verlauf der Stromstärke gilt:
  $$I(t) = \frac{U_0 - L \cdot \dot{I}}{R}\,.$$
  Dies ist die Differentialgleichung des beschränkten Wachstums, mit der Schranke $\frac{U_0}{R}$, welche gerade dem maximalen Strom entspricht.
- Aus dem Schaubild entnimmt man, dass die maximale Stromstärke $1,2\,\mathrm{A}$ beträgt. Damit ergibt sich der Ohmsche Widerstand der Spule:
  $$R = \frac{U_0}{I} = \frac{12}{1,2}\,\Omega = 10\,\Omega$$
- Die Induktivität der Spule bestimmt man am besten durch die momentane Änderungsrate der Stromstärke zum Zeitpunkt $t = 0\,\mathrm{s}$. Da zu diesem Zeitpunkt noch kein Strom fließt, vereinfacht sich die zuvor hergeleitete Gleichung:
  $$\begin{aligned} 0 &= \frac{U_0 - L \cdot \dot{I}(0\,\mathrm{s})}{R} \\ U_0 &= L \cdot \dot{I}(0\,\mathrm{s}) \\ L &= \frac{U_0}{\dot{I}(0\,\mathrm{s})} \end{aligned}$$
  Die momentane Änderungsrate $\dot{I}(0\,\mathrm{s})$ erhält man, indem man eine Tangente an den Ursprung anlegt und deren Steigung bestimmt. Es gilt:
  $$\dot{I}(0\,\mathrm{s}) \approx \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{1,5\,\mathrm{A}}{0,5\,\mathrm{ms}} = 3\,000\,\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{s}}\,.$$
  Damit erhält man die Induktivität der Spule:
  $$L = \frac{U_0}{\dot{I}(0\,\mathrm{s})} = \frac{12}{3\,000}\,\mathrm{H} \approx 4,0\,\mathrm{mH}$$

d) - Für die De-Brogile-Wellenlänge gilt:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}\,.$$

D.h. man muss die Geschwindigkeit der Elektronen bestimmen, diese erhält man aus der Energieerhaltung:

$$\begin{aligned} e \cdot U &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ v &= \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}\,. \end{aligned}$$

Hiermit ergibt sich für die De-Brogile-Wellenlänge:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{h}{m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}} \\ &= \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot U}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50\,000}}\,\mathrm{m} \\ &\approx 5,5 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{m} = 5,5\,\mathrm{pm} \end{aligned}$$

- Da hier wieder im vergleich zum Spaltmittenabstand der Schirmabstand groß ist, kann die Näherung der quasiparallelen Strahlen angewant werden, hierbei verlassen die Lichtstrahlen die einzelnen Spalte parallel und treffen sich auf dem Schirm. Für den Gangunterschied benachbarter Wellenstrahlen gilt:

$$\delta = g \cdot \sin(\alpha)$$

Haben benachbarte Wellenstrahlen im Auftreffpunkt einen Gangunterschied, welcher ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge ist

$$\delta = k \cdot \lambda \quad k \in \mathbb{N}_0\,,$$

so interferieren diese Konstruktiv und es treten unter diesen Winkeln Maxima auf. Der Abstand des Maximums vom zentralen Maximum auf dem Schirm kann man über den Ablenkwinkel mit der folgenden Formel bestimmen:

$$x = d \cdot \tan(\alpha)\,.$$

Sind die Winkel unter denen die Maxima auftreten klein, so kann die Näherung $\sin(\alpha) \approx \tan(\alpha)$ angewandt werden. Man erhält somit:

$$x = d \cdot \frac{\delta}{g} = d \cdot \frac{k \cdot \lambda}{g} = k \cdot \frac{\lambda \cdot d}{g}$$

Für $k = 1$ erhält man den Abstand benachbarter Maxima zueinander, diese Formel lässt sich nach der Wellenlänge auslösen:

$$\begin{aligned} \Delta x &= \frac{\lambda \cdot d}{g} \\ \lambda &= \frac{\Delta x \cdot g}{d} = \frac{2,75 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-9}}{0,05}\,\mathrm{m} \approx 5,5 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{m}\,. \end{aligned}$$

Dies ist konsistent mit der zuvor bestimmten Wellenlänge.

- Bei den Bildern erkennt man, dass sich mit steigender Elektronenzahl ein Interferenzbild aufbaut, da sich jedoch immer nur ein Elektron in der Apperatur befunden hat, müssen die Elektronen mit sich selbst interferiert haben (Wellencharakter der Elektronen). Auf den Bildern sieht man jedoch einzelnen Treffer für die jeweiligen Elektronen, dies macht den Teilchencharakter deutlich. Den genauen Auftreffpunkt der Elektronen kann man nicht vorhersagen, man kann nur Aussagen über die Wahrscheinlichkeit treffen, die Elektronen an einem bestimmten Ort aufzufinden. Da die Elekronen sowohl Teilchen, als auch Welleneigenschaften besitzen, handelt es sich hierbei um Quantenobjekte.