Freier Fall im Schwerefeld

Ladung wird im Längsfeld beschleunigt

g sei $10\,\frac{m}{s^2}$ (normal $9{,}81\,\frac{m}{s^2}$)

el. Feldstärke $E = \frac{U}{d} = \frac{1000\,V}{0{,}1\,m} = 10000\,\frac{V}{m} = \underline{1 \cdot 10^4\,\frac{V}{m}}$

- Lageenergie beim Start:

$$W_L(\text{oben}) = m \cdot g \cdot h = 0{,}1\,kg \cdot 10\,\frac{m}{s^2} \cdot 1{,}0\,m = 1\,N \cdot 1{,}0\,m = \underline{1{,}0\,J}$$

Potentielle Energie (Startenergie)

$$W_{pot} = q \cdot E \cdot d = F_{el} \cdot d = 1 \cdot 10^{-8}\,C \cdot 1 \cdot 10^4\,\frac{V}{m} \cdot 0{,}1\,m = \underline{1 \cdot 10^{-5}\,J}$$

- Geschwindigkeit unten:
Es gilt der Energieerhaltungssatz:

$$W_L(\text{oben}) = W_{kin}(\text{unten}) = 1{,}0\,J$$

$$W_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

$$v_1^2 = \frac{2 \cdot W_{kin}}{m} = \frac{2 \cdot 1{,}0\,J}{0{,}1\,kg} = 20\,\frac{m^2}{s^2}$$

$$v_1 = \underline{4{,}47\,\frac{m}{s}}$$

Geschwindigkeit auf der negativen Platte

$$W_{pot}(\text{Start}) = W_{kin}(\text{neg. Platte})$$

$$W_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

$$v_1^2 = \frac{2 \cdot W_{kin}}{m} = \frac{2 \cdot 10^{-5}\,J}{1 \cdot 10^{-6}\,kg} = 20\,\frac{m^2}{s^2}$$

$$v_1 = \underline{4{,}47\,\frac{m}{s}}$$

- <u>Halbe Höhe s</u>:

$$W_L = m \cdot g \cdot s = 0{,}1\,kg \cdot 10\,\frac{m}{s^2} \cdot 0{,}5\,m = \underline{0{,}5\,J}$$ (die Hälfte!)

$$v_2^2 = \frac{2 \cdot W_{kin}}{m} = \frac{2 \cdot 0{,}5\,J}{0{,}1\,kg} = \underline{10\,\frac{m^2}{s^2}}$$

$$v_2 = \underline{3{,}16\,\frac{m}{s}}$$

<u>Kondensatormitte</u>

$$W_{pot} = F_{el} \cdot s = q \cdot E \cdot s = 1 \cdot 10^{-8}\,C \cdot 1 \cdot 10^4\,\frac{V}{m} \cdot 0{,}05\,m = \underline{0{,}5 \cdot 10^{-5}}\,J$$ (die Hälfte!)

$$v_2^2 = \frac{2 \cdot W_{kin}}{m} = \frac{2 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-5}\,J}{1 \cdot 10^{-6}\,kg} = 10\,\frac{m^2}{s^2}$$

$$v_2 = \underline{3{,}16\,\frac{m}{s}}$$

Senkrechter Wurf
Steigbewegung

Kin. Energie wird in Lageenergie umgewandelt:

a) "richtige Höhe"

$$W_{kin}(\text{unten}) = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_0^2 = \frac{1}{2}\cdot 0{,}1\,kg\cdot\left(4{,}47\frac{m}{s}\right)^2 = \underline{1{,}0\,J}$$

Energieerhaltung:

$$W_{kin}(\text{unten}) = W_L(\text{oben}) = m\cdot g\cdot h$$

$$h = \frac{W_{kin}}{m\cdot g} = \frac{1{,}0\,J}{0{,}1\,kg\cdot 10\frac{m}{s^2}} = \underline{1{,}0\,m}$$

b) Wie hoch kommt die Kugel?

$$W_{kin} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_1^2 = \frac{1}{2}\cdot 0{,}1\,kg\cdot\left(3\frac{m}{s}\right)^2 = \underline{0{,}45\,J}$$

(statt 1 J, wie in a)

$$h_2 = \frac{v_1^2}{2\cdot g} = \frac{\left(3\frac{m}{s}\right)^2}{2\cdot 10\frac{m}{s^2}} = \frac{9\frac{m^2}{s^2}}{20\frac{m}{s^2}} = \underline{0{,}45\,m}$$

bzw

$$h_2 = \frac{W_{kin}}{m\cdot g} = \frac{0{,}45\,J}{0{,}1\,kg\cdot 10\frac{m}{s^2}} = 0{,}45\,m$$

Verzögerte Bewegung der Ladung im Längsfeld

Kin Energie wird in potentielle Energie umgewandelt:

a) "richtiger Plattenabstand"

$$W_{kin}(\text{neg. Platte}) = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_0^2 = \frac{1}{2}\cdot 1\cdot 10^{-6}\,kg\cdot\left(4{,}47\frac{m}{s}\right)^2 = \underline{1{,}0\cdot 10^{-5}\,J}$$

Energieerhaltung

$$W_{kin}(\text{neg. Platte}) = W_{pot}(\text{pos. Platte})$$

$$W_{kin} = q\cdot E\cdot d$$

$$d = \frac{W_{kin}}{q\cdot E} = \frac{1{,}0\cdot 10^{-5}\,J}{1\cdot 10^{-8}\,C\cdot 10^4\frac{V}{m}} = \underline{0{,}1\,m}$$

b) Wie weit kommt die Ladung?

$$W_{kin} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_1^2 = \frac{1}{2}\cdot 1\cdot 10^{-6}\,kg\cdot\left(3\frac{m}{s}\right)^2 = \underline{0{,}45\cdot 10^{-5}\,J}$$

(statt $1\cdot 10^{-5}$ J wie in a)

$$d = \frac{W_{kin}}{q\cdot E} = \frac{0{,}45\cdot 10^{-5}\,J}{1\cdot 10^{-8}\,C\cdot 10^4\frac{V}{m}} = 4{,}5\cdot 10^{-2}\,m = \underline{4{,}5\,cm}$$

c) Geschwindigkeit der Kugel in der Höhe h

Anfangsenergie

$W_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}1 kg \cdot (6 \frac{m}{s})^2$
$= \underline{1{,}8 J}$

Auf dem Weg nach oben wird davon 1,0 J in Lageenergie umgewandelt (bis Höhe h)

In der Höhe h hat die Kugel also noch

$1{,}8 J - 1{,}0 J = 0{,}8 J$ an kinetischer Energie

Ihre Restgeschwindigkeit dort ist also

$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_3^2 = 0{,}8 J$

$v_3^2 = \frac{2 \cdot 0{,}8 J}{0{,}1 kg} = 16 \frac{m^2}{s^2}$

$v_3 = \underline{4 \frac{m}{s}}$

d) Mit welcher Geschwindigkeit prallt die Ladung auf?

Anfangsenergie (untere Platte)

$W_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10^{-6} kg \cdot (6 \frac{m}{s})^2$
$= \underline{1{,}8 \cdot 10^{-5} J}$

Auf dem Weg nach oben wird davon $1 \cdot 10^{-5}$ J in potentielle Energie umgewandelt (bis positiv geladene Platte)

An der positiv geladenen Platte hat die Ladung also noch

$1{,}8 \cdot 10^{-5} J - 1{,}0 \cdot 10^{-5} J = 0{,}8 \cdot 10^{-5} J$ an kinetischer Energie

Die Restgeschwindigkeit der Ladung ist also

$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_3^2 = 0{,}8 \cdot 10^{-5} J$

$v_3^2 = \frac{2 \cdot 0{,}8 \cdot 10^{-5} J}{1 \cdot 10^{-6} kg} = 16 \frac{m^2}{s^2}$

$v_3 = \underline{4 \frac{m}{s}}$