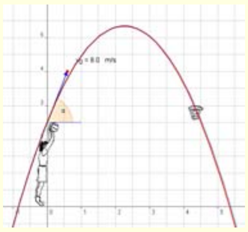
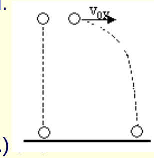


Der Wurf

Senkrechter Wurf nach unten

speziell: freier Fall

- Der freie Fall ist eine beschleunigte Bewegung.
- Im Vakuum fallen alle Körper gleich schnell.
- Bewegungen überlagern sich, ohne sich zu stören.



allgemein: mit Anfangsgeschwindigkeit v_0

- Überlagerung von freiem Fall (beschl. Bew.) Bewegung mit konstanter Anfangsgeschw. (gleichf. Bew.)

$$s = \frac{g}{2}t^2 + v_0 \cdot t \qquad v = g \cdot t + v_0$$

2 © Doris Walkowiak

Senkrechter Wurf nach unten

Eine Frau wirft vor Wut (Ehekrach) mit $v_0 = 10$ m/s einen Blumentopf aus dem 10. Stock nach unten.

In welcher Höhe befindet sich der Topf nach 0,5 s (h_{St} = 2,80 m)?

Wie viel Zeit hat ihr Mann zur Seite zu gehen?

Wie groß ist die Aufprallgeschwindigkeit?

$$s = \frac{g}{2}t^2 + v_0 \cdot t$$

$$s = \frac{9{,}81\,\mathrm{ms}^{-2}}{2}(0{,}5\mathrm{s})^2 + 10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 0{,}5\mathrm{s} = 6{,}23\mathrm{m}$$

h = 10 · 2,80 m – 6,23 m = <u>21,77 m</u> (ca. 8. Stock)

3 © Doris Walkowiak

Senkrechter Wurf nach unten

Eine Frau wirft vor Wut (Ehekrach) mit $v_0 = 10$ m/s einen Blumentopf aus dem 10. Stock nach unten.

In welcher Höhe befindet sich der Topf nach 0,5 s (h_{St} = 2,80 m)?

Wie viel Zeit hat ihr Mann zur Seite zu gehen?

Wie groß ist die Aufprallgeschwindigkeit?

$$0 = \frac{g}{2}t^2 + v_0 \cdot t - s$$

$$0 = \frac{9{,}81\mathrm{ms}^{-2}}{2}t^2 + 10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot t - 10 \cdot 2{,}80\mathrm{m}$$

$$0 = 4{,}905t^2 + 10 \cdot t - 28$$

$$0 = t^2 + 2{,}04 \cdot t - 5{,}71$$

$$t = -1{,}02 \pm \sqrt{1{,}02^2 + 5{,}71}$$

<u>t = 1,6 s</u>

4 © Doris Walkowiak

Senkrechter Wurf nach unten

Eine Frau wirft vor Wut (Ehekrach) mit $v_0 = 10$ m/s einen Blumentopf aus dem 10. Stock nach unten.

In welcher Höhe befindet sich der Topf nach 0,5 s (h_{St} = 2,80 m)?

Wie viel Zeit hat ihr Mann zur Seite zu gehen?

Wie groß ist die Aufprallgeschwindigkeit?

$v = v_0 + g \cdot t = 10\ \mathrm{ms}^{-1} + 9{,}81\ \mathrm{ms}^{-2} \cdot 1{,}6\ \mathrm{s} = \underline{25{,}7\ \mathrm{ms}^{-1}}$

5 © Doris Walkowiak

Senkrechter Wurf nach oben

$v = -g \cdot t + v_0$

$$s = -\frac{g}{2}t^2 + v_0 \cdot t$$

<u>Beispiel:</u>
Ein Ball wird mit $v_0 = 20\ \mathrm{ms}^{-1}$ senkrecht nach oben geworfen. In welcher Höhe befindet er sich nach 1,5 s?

$$s = -\frac{9{,}81\,\mathrm{ms}^{-2}}{2}(1{,}5\mathrm{s})^2 + 20\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 1{,}5\mathrm{s}$$

= <u>18,96 m</u>

6 © Doris Walkowiak

Senkrechter Wurf nach oben

Leiten Sie eine Gleichung für maximale Steighöhe und Steigzeit in Abhängigkeit von v_0 her!

Steighöhe: $E_{pot} = E_{kin} \Rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$

Steigzeit: im Maximum: $v = 0 \Rightarrow 0 = - g \cdot t + v_0$

$g \cdot t = v_0 \qquad t = \frac{v_0}{g}$

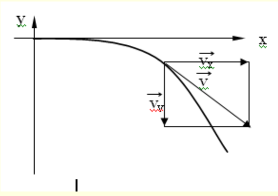
Senkrechter Wurf nach oben

Mit einem Federwurfgerät wird eine kleine Stahlkugel senkrecht nach oben geschossen. Sie steigt von der Mündung bis zu einem 2,0 m darüber liegenden Gipfelpunkt. Berechnen Sie die Steigzeit und die Geschwindigkeit, mit der die Kugel gestartet wurde!

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 2m} = 6{,}3 \frac{m}{s}$$

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{6{,}3 \frac{m}{s}}{9{,}81 \frac{m}{s^2}} = 0{,}64\,s$$

Waagerechter Wurf



waagerecht:
gleichförmige Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit v_0

$s = v \cdot t \Rightarrow x = v_0 \cdot t$

senkrecht: freier Fall

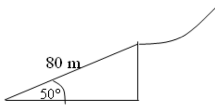
$s = \frac{g}{2} t^2 \Rightarrow y = \frac{g}{2} t^2$

Herleitung Wurfparabel: $t = \frac{x}{v_0} \Rightarrow y = \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 \Rightarrow y = \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2$

Aufprallgeschwindigkeit: $v^2 = v_x^2 + v_y^2 = v_0^2 + (gt)^2 \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$

Waagerechter Wurf

Welche Geschwindigkeit hat ein Skispringer auf dem Schanzentisch, wenn er auf der um 50° geneigten Aufsprungbahn 80 m fliegt?



$x = 80\ m \cdot \cos 50° = 51{,}423\ m$

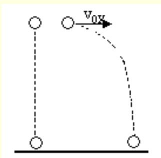
$y = 80\ m \cdot \sin 50° = 61{,}284\ m$

$y = -\frac{g}{2v_0^2} x^2 \Rightarrow v_0^2 = -\frac{g \cdot x^2}{2y} = 211{,}64437 \frac{m^2}{s^2}$

$v_0 = 14{,}55 \frac{m}{s} = 52{,}42 \frac{km}{h}$

Waagerechter Wurf

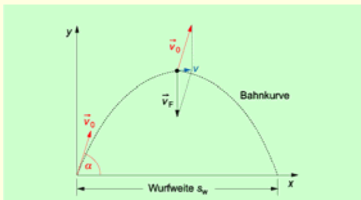
Zwei Kugeln A und B werden zur gleichen Zeit aus einer Höhe von 1,5 m freigegeben. Während A aus dem Zustand der Ruhe startet, wurde B eine waagerecht gerichtete Anfangsgeschwindigkeit von 2,0 m/s erteilt.
Ermitteln Sie Auftreffort und Flugzeit der beiden Kugeln und zeichnen Sie Ihre Bahnen!



$y = \frac{g}{2} t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}5m}{9{,}81 \frac{m}{s}}} = 0{,}55\,s$

$x = v_0 \cdot t = 2 \frac{m}{s} \cdot 0{,}55s = 1{,}1m$

Schräger Wurf



Geschwindigkeiten:

$v_x = v_0 \cdot \cos\alpha$ (1)

$v_y = v_0 \cdot \sin\alpha - g \cdot t$ (2)

Wege:

$x = v_0 \cdot t \cdot \cos\alpha$ (3)

$y = v_0 \cdot t \cdot \sin\alpha - \frac{g}{2} \cdot t^2$ (4)

Bahnkurve: $y = \tan\alpha \cdot x - \frac{g}{2{v_0}^2 \cdot \cos^2\alpha} \cdot x^2$ (5) Herleitung

Bedingung: kein Luftwiderstand

Schräger Wurf

Steigzeit: $v_y = 0$ ➔ (2*) $t_h = \frac{v_0 \cdot \sin\alpha}{g}$

Wurfhöhe: $t = t_h$ und $y = s_h$ ➔ (4*) $s_h = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2\alpha}{2g}$

Wurfweite: $y = 0$ ➔ (5*) $s_W = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$ Herleitung

Begründe mathematisch, warum die maximale Wurfweite bei einem Winkel von 45° erreicht wird.

Bedingung: kein Luftwiderstand

Einfluss äußerer Faktoren

- Luftwiderstand (ballistische Kurve): S.71

- Rotation des Wurfgegenstandes (Luftpolster, Bernoulli, Magnuseffekt)

siehe: Physik im Sport

Herleitungen

$$x = v_0 \cdot t \cdot \cos\alpha \qquad \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cdot \cos\alpha}$$

$$y = v_0 \cdot t \cdot \sin\alpha - \frac{g}{2} \cdot t^2 = x \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2\alpha}$$

$$y = \tan\alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cdot \cos^2\alpha} \cdot x^2$$ … Wurfparabel

$$0 = x \cdot \left(\tan\alpha - \frac{g}{2v_0^2 \cdot \cos^2\alpha} \cdot x\right) \qquad x_1 = 0$$

$$0 = \tan\alpha - \frac{g}{2v_0^2 \cdot \cos^2\alpha} \cdot x$$

$$x = \frac{\tan\alpha \cdot 2v_0^2 \cdot \cos^2\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \cdot 2\sin\alpha\cos\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$ … Wurfweite