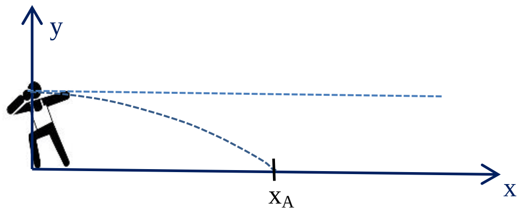
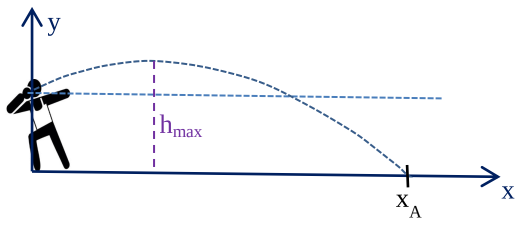
# Physik * Jahrgangsstufe 10 * Waagrechter und schräger Wurf

1. Peter stößt die Kugel mit einer Geschwindigkeit $v_o = 15$ m/s aus einer Höhe $h_o = 1{,}80$ m waagrecht weg.
   In welcher Entfernung und mit welcher Geschwindigkeit trifft die Kugel am Boden auf?




2. Paul stößt die Kugel ebenfalls mit einer Geschwindigkeit $v_o = 15$ m/s aus einer Höhe $h_o = 1{,}80$ m weg, allerdings mit einem Abwurfwinkel von $30^o$ nach oben.
   Wie weit kommt hier die Kugel?
   Welche maximale Höhe über dem Boden erreicht dabei die Kugel?




Hinweis: Der Weltrekord im Kugelstoßen wurde 1990 von Randy Barnes (USA) mit 23,12m aufgestellt. Kurz nach diesem Weltrekord wurde Barnes wegen Dopings mit anabolen Steroiden für mehr als zwei Jahre gesperrt. Nach seinem Olympiasieg 1996 wurde er nochmals positiv getestet und lebenslang gesperrt. Seine Titel durfte er trotzdem behalten.
Ulf Timmermann (DDR) war der erste Mensch, der im Jahr 1988 eine Weite von mehr als 23m (23,06m) erreichte. Er war nachweislich am staatlichen Dopingprogramm beteiligt.

3. Rudi stößt wie Paul die Kugel aus einer Höhe von 1,80m unter einem Winkel von $30^o$ nach oben. Mit welcher Geschwindigkeit muss die Kugel seine Hand verlassen, wenn er eine Weite von 15,0m erreichen will?

**Physik * Jahrgangsstufe 10 * Waagrechter und schräger Wurf * Lösungen**

1. $x(t) = v_o \cdot t \quad ; \quad y(t) = h - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \;;$

$$y(t_A) = 0 \;\Leftrightarrow\; 0 = h - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_A{}^2 \;\Leftrightarrow\; \frac{2 \cdot h}{g} = t_A{}^2 \;\Leftrightarrow\; t_A = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}80\text{m}}{9{,}81\text{m}/\text{s}^2}} = 0{,}606\text{s}$$

$$x_A = x(t_A) = v_o \cdot t_A = 15\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0{,}606\text{s} = 9{,}1\text{m}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_o{}^2 + m \cdot g \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A{}^2 \;\Rightarrow$$

$$v_A = \sqrt{v_o{}^2 + 2 \cdot g \cdot h_1} = \sqrt{15^2 + 2 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}80}\;\frac{\text{m}}{\text{s}} = 16{,}1...\frac{\text{m}}{\text{s}} = 16\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

2. (1) $x(t) = v_o \cdot \cos(ß) \cdot t$ (2) $y(t) = h + v_o \cdot \sin(ß) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

$$y(t_A) = 0 \;\Leftrightarrow\; h + v_o \cdot \sin(ß) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = 0 \;\Leftrightarrow\; \text{mit } \sin ß = \sin 30^o = \frac{1}{2} \text{ also}$$

$$\frac{1}{2} \cdot g \cdot t_A{}^2 - \frac{1}{2} \cdot v_o \cdot t_C - h = 0 \;\Leftrightarrow\; g \cdot t_A{}^2 - v_o \cdot t_A - 2 \cdot h = 0 \;\Leftrightarrow$$

$$t_A = \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left( v_o + \sqrt{v_o{}^2 + 4 \cdot g \cdot 2 \cdot h} \right) = \frac{1}{2 \cdot 9{,}81\text{m}/\text{s}^2} \cdot \left( 15\frac{\text{m}}{\text{s}} + \sqrt{15^2 + 4 \cdot 9{,}81 \cdot 2 \cdot 1{,}80}\;\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = 1{,}74\text{s}$$

$$x_A = x(t_A) = v_o \cos(30^o) \cdot t_A = 15\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} \cdot 1{,}74\text{s} = 22{,}6\text{m}$$

Hinweis: Die Geschwindigkeit, mit der die Kugel auftrifft, entspricht nach dem Energieerhaltungssatz genau der in Aufgabe 1 berechneten, also $16\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

An der höchsten Stelle der Bahn gilt: $v_y(t_{max}) = 0$ also wegen $v_y(t) = v_o \cdot \sin(ß) - g \cdot t$ also

$$v_o \cdot \sin(ß) - g \cdot t_{max} = 0 \;\Leftrightarrow\; g \cdot t_{max} = 15\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{2} \;\Leftrightarrow\; t_{max} = \frac{15\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{2}}{9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0{,}765\text{s}$$

$$h_{max} = y(t_{max}) = 1{,}80\text{m} + \frac{1}{2} \cdot 15\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0{,}765\text{s} - \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0{,}765\text{s})^2 = 4{,}666...\text{m} = 4{,}67\text{m}$$

3. Für die Weite $x_A = 15{,}0\text{m}$ gilt wie bei Aufgabe 2:

$$15{,}0\text{m} = x_A = x(t_A) = v_o \cdot \cos(30^o) \cdot t_A = v_o \cdot \frac{1}{2}\sqrt{3} \cdot t_A \;\Rightarrow\; v_o \cdot t_A = \frac{2 \cdot 15{,}0\text{m}}{\sqrt{3}} \quad (*)$$

außerdem gilt wie bei Aufgabe 2: $y(t_A) = 0 \;\Leftrightarrow\; g \cdot t_A{}^2 - v_o \cdot t_A - 2 \cdot h = 0$ und (*) eingesetzt:

$$g \cdot t_A{}^2 - \frac{2 \cdot 15{,}0\text{m}}{\sqrt{3}} - 2 \cdot h = 0 \;\Rightarrow\; t_A{}^2 = \left( \frac{2 \cdot 15{,}0\text{m}}{\sqrt{3}} + 2 \cdot 1{,}80\text{m} \right) : (9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 2{,}132...\text{s}^2 \;\Rightarrow\; t_A = 1{,}46\text{s}$$

$$\text{und mit } (*) \quad v_o = \frac{2 \cdot 15{,}0\text{m}}{\sqrt{3} \cdot t_A} = \frac{2 \cdot 15{,}0\text{m}}{\sqrt{3} \cdot 1{,}46\text{s}} = 11{,}86...\frac{\text{m}}{\text{s}} = 12\frac{\text{m}}{\text{s}}$$