

## **Freier Fall (FF), Waagerechter Wurf (W), senkrechter Wurf (S), schräger Wurf (SW)**

FF1. Ein Körper landet mit der Geschwindigkeit 706,32 km/h. Aus welcher Höhe ist er gefallen? (1962m)

FF2. Zwei Körper (100kg und 1Gramm) fallen herunter aus einer Höhe von 490,5 Meter. Wie lange dauert es, dass die beiden Körper auf den Boden fallen? (10s)

FF3. Auf der Mondoberfläche fällt ein Gegenstand auf den Boden mit der Geschwindigkeit 16,2 m/s. Der Flug dauert 10 Sekunden. Berechnen Sie den Ortsfaktor auf dem Mond. (1,62)

FF4. Mit welcher Endgeschwindigkeit trifft ein frei fallender Ball auf dem Erdboden auf, wenn seine Fallzeit 1,5 s beträgt? Der Luftwiderstand bleibt unberücksichtigt. (14,72 m/s)

FF5. Aus welcher Höhe fiel ein Stein in einen Schacht, wenn eine Fallzeit von 1,8 s gemessen wurde? Der Luftwiderstand bleibt unberücksichtigt. (15,89m)

FF6. Eine kleine Bleikugel fällt 2,3 s im luftleeren Raum.

- Wie groß ist die Endgeschwindigkeit? (22,56 m/s)
- Welchen Weg legt die Kugel zurück? (25,95 m)

FF7. Aus welcher Höhe müssen Fallschirmspringer zu Übungszwecken frei herabspringen, um mit derselben Geschwindigkeit (7 m/s) anzukommen wie beim Absprung mit Fallschirm aus großer Höhe? (2,5 m)

FF8. Um die Auswirkungen eines Auffahrunfalls zu demonstrieren, ließ eine Versicherungsgesellschaft ein Auto durch einen Kran 10 m hoch ziehen und dann frei auf den Boden fallen. Mit welcher Geschwindigkeit in km/h müßte das Auto stattdessen gegen eine feste Wand fahren, um dieselbe Aufprallbedingung zu schaffen? (14 m/s = 50,43 km/h )

FF9. Ein Gegenstand wird vom Dach von Burj Dubei heruntergeworfen und ist in der Luft genau die Hälfte der Zeit, als wenn man das Gegenstand von der Windkraftanlage in Laasow, (Deutschland) herunterwirft. Die Windkraftanlage in Laasow ist 205 Meter hoch. Schätze nun die Höhe der Burj Dubei Building ab.

FF10. "Ein Gegenstand fällt vom Eiffelturm (Höhe = 300 m) herunter. a) Wie lange braucht es, bis es am Boden aufkommt? b) Welche Geschwindigkeit hat es beim Auftreffen auf den Boden?

FF11. Aus welcher Höhe  $h$  müsste man ein Auto aus einem Parkhaus auf die Straße stürzen lassen, damit man die gleiche Verformung an dem Fahrzeug erzielt, wie sie bei einem Zusammenprall des Fahrzeugs mit einem Brückenpfeiler bei einer Geschwindigkeit von  $v = 90$  km/h auftreten?

FF12. Zwei Steine fallen aus sehr hohem Turm. Ein Stein zuerst und nach 2 Sekunden der zweite Stein. Welchen Abstand voneinander haben sie 5 Sekunden, nachdem der zweite Stein abgeworfen wurde?

FF13. Ein herunterfallender Stein braucht 0.30s, um an einem 2.2m hohen Fenster vorbeizufiegen. Aus welcher Höhe über dem Fenster begann der freie Fall? (1751m)

FF14. Nach einem Sprung vom 10 meter Turm taucht ein Springer senkrecht ins Wasser und bremst auf eine Tauchtiefe von 2,4 m vollständig ab. Ein zweiter Springer schlägt unglücklich auf die Wasseroberfläche und hat bereits nach 60 cm seinen Sprung vollständig abgebremst. Die Gesamtzeit bis zum völligen Abbremsen durch Wasser betrug für den ersten Springer 1,7 s und für den zweiten 1,65 s. a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit, mit der die Springer auf der Wasseroberfläche auftreffen. b) In welcher Höhe über der Wasseroberfläche befinden sich beide Springer nach einer Fallzeit von 1s. c) Welchen Beschleunigungen sind beide Springer in der Eintauchphase ausgesetzt? (Geben Sie das Ergebnis in Vielfachen von  $g$  an.)

FF15. Ein frei fallender Körper passiert letzte 50m m vor dem Boden und seine Geschwindigkeit erhöht sich dabei um 5 m/s. Aus welcher Höhe fällt der Körper?

FF16. Ein Körper der Masse 100 Gramm fiel aus der Höhe von 60 m. und traf die Pluto-Oberfläche mit Geschwindigkeit 4,517 m/s. Wie viel Prozent der Fallbeschleunigung weist Pluto gegenüber der Erdbeschleunigung auf?

FF17. Ein Fallschirmspringer springt aus Höhe 2500m ab und öffnet nach 10s seinen Fallschirm (FS) und fällt dann mit 4 m/s weiter gleichförmig bis zum Boden. Ein anderer Fallschirmspringer springt 4s später. Wann muss der 2. Fallschirmspringer seinen Schirm öffnen damit beide gleichzeitig am Boden ankommen? Um wie viel Sekunden muss also der 2. Springer länger ohne Fallschirm fallen, als der erste Fallschirmspringer?

FF18. Ein Körper fällt frei runter vom Dach eines Hochhauses, und passiert dabei die Marken  $s_1$  und anschließend  $s_2$ . Die Marken  $s_1$  und  $s_2$  entsprechen dem Abstand zum Dach. Das Verhältnis  $s_2$  zu  $s_1$  beträgt: 3:4. Was lässt sich über das Verhältnis  $v_2$  zu  $v_1$  aussagen, wobei  $v_1$  und  $v_2$  entsprechende Passiergeschwindigkeiten am  $s_1$  und  $s_2$  sind?

FF19. Ein Körper passiert beim Fallen die Marken  $h(1)$  und  $h(2)$  in der Zeit von 2,4 s. Diese Marken haben einen Abstand voneinander von 90 Meter. Berechne  $h(1)$  und  $h(2)$

FF20. Ein Körper passiert beim Fallen die Marken  $h(1)$  und  $h(2)$ , die 1,8 meter voneinander entfernt sind. Der Geschwindigkeitsunterschied in diesen Höhen beträgt dabei 2 m/s. Berechne  $h(1)$  und  $h(2)$

FF21 Ein Körper erzielt auf einer Fallstrecke eine Geschwindigkeitszunahme von 5 m/s. Was lässt sich daraus für die benötigte Zeitspanne folgern?

FF22. Aus welcher Höhe müssen Fallschirmspringer zu Übungszwecken frei herabspringen, um mit derselben Geschwindigkeit von 7 m/s anzukommen wie beim Absprung mit Fallschirm aus großer Höhe?

FF23. Von der Spitze eines Turmes lässt man einen Stein fallen. Nach 5 Sekunden sieht man ihn auf dem Boden aufschlagen. a) Wie hoch ist der Turm? b) Mit welcher Geschwindigkeit trifft der Stein auf den Erdboden auf? c) Nach welcher Zeit hat der Stein die Hälfte seines Fallweges zurückgelegt? d) Welche Zeit braucht der Stein zum Durchfallen der letzten 2 Meter?

FF24. Ein Körper fällt frei. Nach welcher Zeit und welcher zurückgelegten Höhe erreicht er die Geschwindigkeit von 108 m/s

FF25. Ein Zug bremst mit einer Beschleunigung von  $3\text{m/s}^2$  ab (konstant). In diesem Zug wird ein Körper während des Bremsvorgangs aus der Höhe 1,5m fallen gelassen. In welcher Entfernung zum Fußpunkt trifft er auf?

FF26. Aus welcher Höhe müsste man auf dem Mond herabspringen, um genauso schnell anzukommen wie auf der Erde beim Sprung aus 1 m Höhe?

FF27. Wie groß sind die Geschwindigkeiten, mit denen man bei einem Sprung aus 1,25 m Höhe auf der Erde bzw. Mondoberfläche ankommt?

FF28. Ein schwerer Stein fällt in einen 17,0 m tiefen Brunnen. Nach welcher Zeit hört man den Aufschlag, wenn die Schallgeschwindigkeit 340m/s beträgt?

Ein Gegenstand prallt auf der Mondoberfläche nach 5 Sekunden freies Falles mit der Geschwindigkeit von 8,15 m/s. a) Schätze die Mondbeschleunigung ein! b) Um wievielfaches ist sie kleiner als die Erdbeschleunigung?

Ein Körper fällt aus der 10meter Höhe und fällt auf die Jupiteroberfläche mit der Geschwindigkeit 51,77 m/s. a) Schätze die Mondbeschleunigung ein! b) Um wievielfaches ist sie kleiner als die Erdbeschleunigung?

Aus welcher Höhe muss man auf der Venusoberfläche ein Körper fallen lassen, damit die Geschwindigkeit am Boden 50 m/s beträgt? Man nehme für die Venus die Fallbeschleunigung = 8,87 m/s<sup>2</sup>

**W1** Ein Junge wirft aus dem Fenster seinen Spielball horizontal zum Boden aus einer Höhe 15m. Der Ball landet in einer Entfernung vom Haus von 5,3m. Mit welcher Geschwindigkeit wurde der Ball geworfen? Welche Fallzeit hat er?

**W2.** Eine Metallkugel rollt auf der Tischoberfläche mit der Geschwindigkeit  $v = 1\text{m/s}$  und fällt herunter. Sie trifft den Boden in einer Entfernung von 45 cm vom Tisch. Wie hoch ist der Tisch und wie lange war die Kugel in der Luft?

**W3.** Vom Fensterbrett der Höhe 1,2m springt die Katze waagrecht mit einer Geschwindigkeit von 6 m/s. In welchem Abstand zum Haus landet sie?

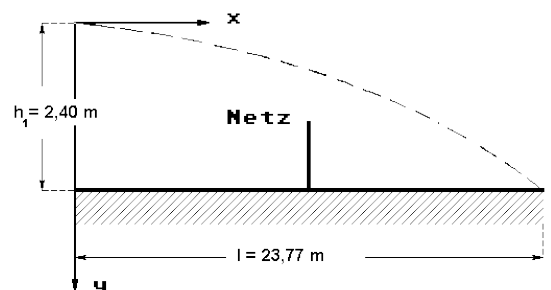
**W4.** Aus dem Fenster eines Bergschlosses wirft man einen Stein mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 36\text{ km/h}$ . Der Stein landet in einem Abstand  $L = 40$  vom Schloss. Wie lange war der Stein in der Luft? Wie hoch ist das Fenster?

**W5.** Aus einem Turm wirft man horizontal ein Gegenstand. Nach 2 Sekunden landet er in einer Entfernung 30m vom Turm. Mit welcher Anfangsgeschwindigkeit wurde der Gegenstand geworfen? Wie hoch ist der Turm? Mit welcher Geschwindigkeit prallt der Gegenstand gegen auf den Boden?

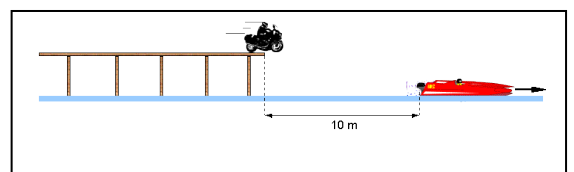
**W6.** Ein Stein wird waagrecht geworfen. Der Richtungswinkel seiner Geschwindigkeit zum Horizont nach 3 Sekunden betrug 45°. Berechnen Sie die Anfangsgeschwindigkeit.

**W7.** Vom Turm wird ein Körper waagrecht geworfen mit  $v = 40\text{ m/s}$ . Wie groß ist seine Geschwindigkeit nach 3 Sekunden? Welchen Richtungsvektor seiner Geschwindigkeit zum Horizont hat es zu diesem Zeitpunkt?

- W8.** Boris schlägt den Tennisball von der Grundlinie des Feldes aus einer Höhe  $h_1=2,40\text{m}$  in horizontaler Richtung ohne Spin.
- Berechne, wie lange der Ball braucht, bis er beim Gegner auf den Boden auftrifft.
  - Berechne den Betrag der Anfangsgeschwindigkeit in x-Richtung in km/h, die Boris dem Ball geben muss, damit er beim Gegner gerade auf der Grundlinie aufkommt.



**W9.** Die Gegenspieler von James Bond versuchen mit einem Schnellboot zu entkommen. „007“ rast mit seinem Motorrad mit der Geschwindigkeit  $v$  (über) den Landungssteg, der 4m über der Wasseroberfläche verläuft. Seine Absicht ist es, nach einem freien Flug auf dem feindlichen 5m langen Boot zu „landen“. Die „Landefläche“ auf dem Boot befindet sich 50cm über der Wasseroberfläche. Die Abbildung zeigt den Moment des Absprungs. Berechne, welche Geschwindigkeit James Bond beim Absprung seines Motorrads mindestens haben muss, damit er auf das Boot trifft. Berechne es für den Fall, dass das Boot auch seine Geschwindigkeit des Entkommens von 15m/s hat.



**Ergebnisse:**

1. $v_0 = 3\text{m/s}$ ; $t = 1,7\text{s}$	6. $V_0 = 29,4\text{m/s}$
2. $H = 1\text{m}$ ; $t = 0,45\text{s}$	7. $v = 49,66\text{m/s}$ ; $\alpha = 36,34^\circ$
3. $L = 2,97\text{m}$	8. $t = 0,7\text{s}$ ; $v = 33,98\text{m/s} = 122,3\text{ km/h}$
4. $T = 4\text{s}$ ; $H = 78,5\text{m}$	9. $v = 11,84\text{ m/s} = 42,62\text{ km/h}$ ; $v_2 = 96,62\text{ km/h}$
5. $V_0 = 15\text{m/s}$ ; $H = 19,62\text{m}$ ; $v = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2} = 24,7\text{ m/s}$	

**W10.** Von einem 50 Meter hohem Haus wird ein Gegenstand in horizontaler Richtung (= waagrechter Wurf) mit einer Geschwindigkeit von 30m/s abgeworfen. Wie weit entfernt vom Turm landet der Gegenstand auf dem Boden?

**S1.** Ein Junge schießt Pfeil aus dem Bogen senkrecht nach oben mit der Geschwindigkeit 30 m/s. Wann erreicht der Pfeil seinen maximalen Punkt? Trifft der Junge einen Vogel, der auf der Höhe 50 Meter fliegt?

**S2.** Ein Sportler will eine Scheibe in der Luft treffen, welche in einer Höhe von 90 Meter fliegt. Welche minimale Geschwindigkeit soll seine Luftpistole mindestens haben?

**S3.** Der Stein wird senkrecht nach oben mit der Geschwindigkeit  $v_0$  geworfen. Er trifft wieder den Boden nach 2 Sekunden. Nach welcher Zeit trifft der Boden der Stein, der auf der Mondoberfläche mit der gleichen Geschwindigkeit  $v_0$  geworfen wird? Ortsfaktor auf dem Mond ist 6 mal kleiner, als auf der Erde.

**S4.** Nach welcher Zeit trifft den Boden der Stein, der vertikal mit der Geschwindigkeit 54km/h geworfen ist?

**S5.** Ein Pfeil wird senkrecht nach oben geworfen und trifft wieder den Boden nach 6 Sekunden. Wie groß war seine Anfangsgeschwindigkeit und welche maximale Höhe erreicht er?

**S6.** Ein vertikal nach oben geworfener Körper erreicht maximale Höhe von 35m. Wie groß war seine Anfangsgeschwindigkeit? Wie lange hat es gedauert, bis der Körper diese Höhe erreicht hat?

**S7.** Ein vertikal nach oben geworfener Körper erreicht nach 1s die Höhe von 20m. Wie groß war seine Anfangsgeschwindigkeit? Wie lange war der Körper in der Luft? Was ist die maximale Höhe?

**S8.** Welche Geschwindigkeit hat nach 2 Sekunden ein mit der Geschwindigkeit 25 m/s nach oben geworfener Stein?

**S9.** Welche Geschwindigkeit hat nach 3 Sekunden ein mit der Geschwindigkeit 15m/s nach oben geworfener Stein?

**S10.** Eine Kugel wird nach oben mit der Geschwindigkeit 35m/s abgeschossen. Bestimmen Sie seine Geschwindigkeit nach 2s, 3s, und 5s. Welche maximale Höhe kann erreicht werden?

**S11.** Eine vertikal nach oben abgeschossene Luftgewehrkuugel erreicht nach 2,5s die Höhe von 120m. Wie groß war seine Anfangsgeschwindigkeit? Wie lange war der Körper in der Luft? Was ist die maximale Höhe?

**S12.** Ein Körper wird senkrecht aus der Höhe von 25m nach oben geworfen mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 15\text{m/s}$ . Nach welcher Zeit fällt es auf den Boden?

S13. Определить начальную скорость брошенного вертикально вверх камня, оказавшегося спустя 4 с после броска на высоте 6 м.

### ERGEBNISSE:

S1: ( $t_H = 3,06\text{s}$ ;  $H=45,87\text{m}$ , nein, trifft nicht) S2: ( $42\text{m/s} = 151,3 \text{ km/h}$ ) S3: ( $t_{\text{Mond}} = 12\text{s}$ ) S4: ( $t = 3,06\text{s}$ ) S5: ( $v_0=29,43\text{m/s}$ ;

$H=44,15\text{m}$ ) S6: ( $v_0=26,2\text{m/s}$ ;  $t_H=2,67\text{s}$ ) S7: ( $v_0 = \frac{y + \frac{gt^2}{2}}{t}$ ;  $v_0 = 24,9 \text{ m/s}$ ;  $t = 5\text{s}$ ;  $H=31,61 \text{ m}$ ) S8: ( $v = 5,38 \text{ m/s}$ ) S9: ( $v = -15$

$\text{m/s}$ , nach unten) S10: ( $15,38\text{s}$ ;  $5,57\text{s}$ ;  $-14,05\text{s}$ ;  $62,44\text{m}$ ) S11: ( $v_0 = \frac{y + \frac{gt^2}{2}}{t}$ ;  $v_0 = 60,26 \text{ m/s}$ ;  $t = 12,3\text{s}$ ;  $H=185,1 \text{ m}$ ) S12: ( $t =$

$$3,67\text{s}; t = \frac{v_0}{g} + \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2} + \frac{25}{g}} \text{ oder } t = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + gh_0}}{g}$$

<https://itest.kz/ru/ent/fizika/mehanika-kinematika-dinamika/lecture/dvizhenie-tela-broshennogo-vertikalno-vverh-i-vniz>  
<https://zaochnik.com/spravochnik/fizika/kinematika/dvizhenie-tela-broshennogo-vertikalno-vverh/>

SWE1. Ein Körper wird schräg zum Horizont unter dem Winkel  $30^\circ$  mit  $v_0=10\text{m/s}$  geworfen. Auf welche maximale Höhe steigt der Körper? (1,274m)

SWE2. Ein Körper wird schräg zum Horizont unter dem Winkel  $45^\circ$  mit  $v_0=15\text{m/s}$  geworfen. Was ist maximale Flugweite? (22,94m)

SWE3. Ein Körper wird schräg zum Horizont unter dem Winkel  $60^\circ$  mit  $v_0=20\text{m/s}$  geworfen. Was ist die Flugdauer? (3,53s)

SWE4. Unter dem Winkel  $25^\circ$  zum Horizont wird eine Kugel geworfen. Sie erreicht maximale Höhe von 24,4m. Mit welcher Geschwindigkeit wurde die Kugel geworfen? (25m/s)

SWE5. dem Winkel  $74^\circ$  zum Horizont wird eine Kugel geworfen. Die maximale Länge des Fluges beträgt 17,5m. Mit welcher Geschwindigkeit wurde die Kugel geworfen? (18m/s)

SWE6. Ein unter dem Winkel von  $36^\circ$  zu Horizont geworfener Körper bleibt 2,4 Sekunden in der Luft. Was war die Anfangsgeschwindigkeit? (20m/s)

SWE7. Eine Kanonenkugel hat die Anfangsgeschwindigkeit von 200 m/s. Die Kanone ist unter dem Winkel von  $20^\circ$  zum Horizont ausgerichtet. Wie hoch maximal fliegt die Kugel und wie weit landet sie? (697,3m; 2620, 95m)

SWE8. Ein Geschoss hat die Anfangsgeschwindigkeit von 250m/s und startet unter dem Winkel  $41^\circ$ . Zeigen Sie, seine maximale Fluglänge ist dreimal so groß wie seine maximale Höhe. (6309,05m; 2089,89m)

SWE9. Ein Junge wirft Tennisball vom Dach einer Garage aus der Höhe 5m unter einem Winkel von  $30^\circ$  zum Horizont mit der Geschwindigkeit 10 m/s. Wie weit von Garage landet der Ball? Welche Maximale Höhe erreicht es? ((14,28m; 6,27m)

SWE10. Die Katze springt vom Baum (Höhe 10m) mit einer Geschwindigkeit von 54 km/h unter dem Winkel zum Horizont von  $45^\circ$ . Wie lange dauert ihr Flug? Wie weit vom Baum landet sie auf den Boden? (3,39s; 35,94m)

SW1. In seinem Monster-Truck Bigfoot 14 sprang der Amerikaner Dan Runte im September 1999 auf dem Flughafen von Smyrna (USA) mit Hilfe einer Rampe 61,1m weit über einen Boeing 727 Passagierjet. Welche Geschwindigkeit muss der Wagen dabei mindestens gehabt haben? ( $v_0=24,5\text{m/s} = 88,14\text{ km/h}$ )

SW2. Ein Ball wird mit 30m/s unter einem Winkel von 40 Grad geworfen. Nach welcher Zeit erreicht der Ball seinen höchsten Punkt? Wie hoch ist der Ball dann? Wie weit entfernt landet der Ball auf den Boden?

SW3. Ein Ball ist 38 m weit geflogen. Wie groß war die Abwurfgeschwindigkeit mindestens?

SW4. Ein Körper wird mit 18 m/s weggeworfen. Wie groß ist der Abwurfwinkel, wenn

- die Wurfhöhe 12 m beträgt?
- die Wurfweite 28 m beträgt?
- der Körper 2,3 s in der Luft bleibt?

SW5. Eine Wurfhantel wird unter  $37^\circ$  zur Horizontalen und mit 23 m/s weggeschleudert. Die Aufprallstelle liege gleich hoch wie die Abwurfhöhe.

- Wie weit fliegt die Hantel?
- Wie hoch steigt sie über die Abwurfstelle?
- Unter welchem Winkel prallt die Hantel auf?
- Mit welcher Geschwindigkeit prallt sie auf?
- Wie lange bleibt sie in der Luft?

SW6. Eine kleine Stahlkugel wird mit einem Federmechanismus abgeschossen, der ihr eine Anfangsgeschwindigkeit von 13 m/s verleiht. Der Abschuss erfolge im Nullpunkt eines Koordinatensystems. Die Kugel soll ein Ziel bei 3,5 m treffen. Wie muss man den Abschusswinkel gegen die Horizontale wählen?

SW7. Ein Körper wird unter einem Winkel von  $60^\circ$  zum Horizont mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 20\text{m/s}$  geworfen. Unter welchem Winkel zum Horizont fliegt der Körper nach 1,5 Sekunden? ( $11,3^\circ$ )

SW8. Ein Körper wird unter einem Winkel von  $60^\circ$  zum Horizont mit  $v_0 = 20\text{m/s}$  geworfen. Nach welcher Zeit und in welcher Höhe hat der Körper den Richtungswinkel mit dem Horizont von  $45^\circ$ ?

$$\left( t = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha - \tan \beta \cdot v_0 \cdot \cos \alpha}{g} = 0,71\text{s}; \quad H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 9,6\text{m} \right)$$

SW9. Zwei Junge spielen mit dem Ball und werfen ihn hin und her. Der Ball bleibt dabei 2s in der Luft. Welche maximale Höhe kann der Ball erreichen? ( $H = 4,9\text{m}$ )

SW10. Ein Kanonengeschoss fliegt unter dem Winkel  $30^\circ$  zum Horizont mit  $v_0 = 20\text{m/s}$  1000 m/s. Wie weit fliegt die Kugel? (89 km)

SW11. Ein Stein wird unter dem Winkel  $45^\circ$  mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 9,8\text{ m/s}$  geworfen. Wie weit fliegt er? ( $L = 9,8\text{m}$ )

SW12. Die Länge eines Wurfes ist viermal so groß wie seine maximale Höhe. Unter welchem Winkel wurde geworfen? ( $\alpha = 45^\circ$ )

SW13. Ein Geschoß fliegt aus der Kanone mit der Anfangsgeschwindigkeit 490 m/s und einem Winkel von  $30^\circ$  zum Horizont. Berechnen Sie die maximale Höhe des Fluges, die Flugzeit sowie die Entfernung des Fluges. ( $t = 50\text{s}$ ;  $H = 3060\text{m}$ ;  $L = 21\text{ km}$ )

SW14. Ein Fußball wird vom Punkt A (Abstoß) aus mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 20\text{ m/s}$  unter dem Winkel  $\alpha = 30^\circ$  getreten. Wie hoch fliegt der Ball maximal? Wie weit landet er? ( $H = 5\text{m}$ ;  $L = 34,6\text{m}$ )

SW15. Ein schräg abgeworfener Pfeil war auf der Höhe vom 15m zweimal mit einem Zeitabstand von 2s. Wie lange ist der Gesamtflug des Pfeils? (<https://www.youtube.com/watch?v=KDjPIBerBTU>) (4s)

SW16. Mit welcher Anfangsgeschwindigkeit und unter welchem Winkel zum Horizont wurde ein Kanonenschuss abgeworfen, wenn bekannt ist, die Flugzeit betrug 30 Sekunden und die Flugentfernung  $L$

$$= 6\text{km?} \left( v_0 = \sqrt{\left(\frac{L}{t}\right)^2 + \frac{gt^2}{2}} = 250\text{ m/s}; \quad \tan \alpha = \frac{gt^2}{2L} \Rightarrow \alpha = 37^\circ \right)$$

SW17. Ein Stein wird mit  $v_0 = 20\text{m/s}$  unter dem Winkel  $45^\circ$  geworfen. Nach welcher Zeit bildet seine Flugrichtung mit dem Horizont einen Winkel von  $30^\circ$ ?

$$\left( \pm v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \tan \beta = v_0 \cdot \sin \alpha - gt; \quad t = \frac{v_0}{g} (\sin \alpha \pm \cos \alpha \cdot \tan \beta) = 0,59\text{s}; \quad = 2,23\text{s} \right)$$

SW18. Die Länge eines schrägen Wurfes ist genau so groß wie die maximale Höhe. Unter welchem Winkel wurde geworfen? ( $76^\circ$ )

SW19. Ein Schlauch wird so gehalten, dass Wasser mit 15 m/s unter  $55^\circ$  gegen die Horizontale nach oben spritzt. In 7.0 m Entfernung befindet sich eine Wand.

- Wo befindet sich das Wasser 0,50 s nach Verlassen der Schlauchdüse?
- Welche Geschwindigkeit hat es nach 0.50 s?
- Nach welcher Zeit trifft es auf die Wand?
- In welcher Höhe über der Schlauchdüse trifft es auf die Wand?
- Wie weit würde es ohne Wand spritzen? f) Wie hoch würde es ohne Wand spritzen?
- Wie hoch spritzt es, wenn die Wand da ist?

SW20. Unter welchem Winkel sollte man ein Schrägwurf durchführen, damit die Flugweite  $L$  maximal ist? ( $45^\circ$ )

SW21. Ein Körper wird mit  $v_0 = 20$  m/s. Welche Geschwindigkeit hat der Körper auf der Höhe von 13m? (12m/s) <https://mover.uz/watch/mPgctT8m>

SW22. Ein Fußballspieler schlägt den Ball mit  $v_0 = 30$  m/s unter dem Winkel  $45^\circ$  zum Horizont.

SW23. Ein Körper wird schräg zum Horizont geworfen und landet nach 36m. In seinem höchsten Punkt war die Geschwindigkeit 9m/s. Wie lange war der Körper in der Luft?

<https://5terka.com/gdz-fizika-9-11-klass-g-n-stepanova-dvizhenie-tela-broshennogo-pod-uglom-k-gorizontu>

SW24. Ein Körper wird unter einem Winkel von  $30^\circ$  mit  $v_0 = 20$  m/s geworfen. Bestimmen Sie die Komponenten seiner Geschwindigkeit an der Stelle des Abwurfes mit den Koordinatenachsen OX und OY  $v_x$  und  $v_y$

SW 25. Unter welchem Winkel wurde ein Körper mit der Geschwindigkeit 20m/s abgeworfen, wenn Geschwindigkeitskomponent auf Y-Achse  $v_y = 10$ m/s? (30m/s)

SW26. Unter welchem Winkel wurde ein Körper mit der Geschwindigkeit 17m/s abgeworfen, wenn Geschwindigkeitskomponent auf X-Achse  $v_x = 17$ /s? (20 m/s)

SW27. Aus einer alten Kanone (Abschusswinkel  $45^\circ$ ) wird eine Kugel mit Geschwindigkeit 141 m/s abgeschossen.

- Bestimmen Sie die Komponenten seiner Geschwindigkeit an der Stelle des Abwurfes mit den Koordinatenachsen OX und OY  $v_x$  und  $v_y$
- Nach welcher Zeit trifft die Kugel den Boden?
- Wie weit fliegt sie?

SW28. Ein Geschoss verlässt den Lauf eines Gewehrs unter einem Winkel von  $30^\circ$  zum Horizont mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 3600$  km/h.

- Wie lange dauert der Flug?
- Wie weit fliegt es?
- Mit welcher Geschwindigkeit prallt es auf den Boden? ( $t = 100$ s;  $L = 86$ km;  $v = 1000$  m/s)

SW29. Aus alter Kanone (Winkel  $45^\circ$ ) wird eine Kugel mit  $v_0 = 141$  m/s abgeschossen.

- Bestimmen Sie die Komponenten seiner Geschwindigkeit an der Stelle des Abwurfes mit den Koordinatenachsen OX und OY  $v_x$  und  $v_y$
- Nach welcher Zeit erreicht es den höchsten Punkt?
- Wie weit fliegt es? ( $v_x = v_y = 100$ m/s;  $t = 20$ s;  $L = 2$ km)

SW30. Ein Geschoss befindet sich nach dem Abschuss 12s im Flug. Welche maximale Höhe kann es erreichen? (180 m)

SW31. Zwei Jungen spielen mit dem Ball. Der eine wirft den Ball dem anderen mit  $v_0 = 20$ m/s. Nach 1 Sekunde erreicht der Ball seinen höchsten Punkt. In welchem Abstand zueinander stehen die Spieler? Unter welchem Winkel wurde der Ball geworfen? брошенный одним игроком другому под углом к горизонту со скоростью 20 м/с, через 1 с достиг высшей точки подъема. На каком расстоянии находились друг от друга игроки? Под каким углом к горизонту был брошен мяч? ( $v_x = 17$ m/s;  $L = 34$ m)

SW32. Ein Tennisspieler macht Aufschlag. Dabei trifft er den Tennisball in der Höhe von 2m mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 20$ m/s. In welcher Entfernung vom Spieler trifft der Tennisball den Boden, wenn der Abschusswinkel  $30^\circ$  nach oben zur horizontalen Linie erfolgte? ( $t = 2,2$ s;  $L = 37$ m)

SW33. Mit welcher minimalen Geschwindigkeit muss ein Volleyballspieler den Ball am Boden abschlagen, damit der Ball über das Netz (Höhe  $H = xxx$ , Entfernung zum Spieler  $d = YYY$ ) gerade noch passiert? с какой минимальной скоростью должен бросить мяч волейболист, чтобы мяч перелетел через сетку, высота которой  $h$ , находящуюся на расстоянии  $l$  от волейболиста? Волейболист ударяет по мячу в падении у поверхности земли.

SW34. Ein Gegenstand wird vom Dach eines Hauses (Höhe 20m) mit der Geschwindigkeit 25m/s geworfen. Der Wurf ist

- a. Waagrecht
- b. Schräg nach oben mit dem Winkel  $30^\circ$
- c. Schräg nach unten mit dem Winkel  $30^\circ$

Ermitteln Sie jeweils, wie weit vom Haus der Gegenstand auf dem Boden landet. (50m, 78m, 24m)

SW35. Ein Körper wird unter dem Winkel  $45^\circ$  geworfen. Der horizontale Wer innerhalb der ersten 0,2 Sekunden beträgt 4m. Ermitteln Sie die maximale Höhe des Fluges.

- A) 2m
- B) 1m
- C) 0.2m
- D) 0.08m
- E) 0.8m

[https://www.physics-regelman.com/high/move/3.php#google\\_vignette](https://www.physics-regelman.com/high/move/3.php#google_vignette)

SW36. Aus einem Katapult unter dem Winkel  $30^\circ$  wirft man eine Kugel mit  $v_0 = 10\text{m/s}$ . Nach 0,4 Sekunden trifft sie den Boden. In welcher Entfernung vom Katapult wird der Boden getroffen?

SW37. Der Torwart macht Ballabschlag vom Boden ( $v = 72\text{km/h}$ ) unter dem Winkel  $60^\circ$ . Berechnen Sie

- a. Flugzeit
- b. Maximale Höhe des Fluges
- c. Maximale Entfernung
- d. Nach welcher Zeit beträgt der Winkel der Flugbahn mit der X-Achse  $30^\circ$ ? Вратарь, выбивая мяч от ворот (с земли), сообщает ему скорость 20 м/с, направленную под углом  $60^\circ$  к горизонту. Найти время полёта мяча, максимальную высоту поднятия и горизонтальную дальность полёта. Через какое время после начала движения скорость мяча будет направлена под углом  $30^\circ$  к горизонту?

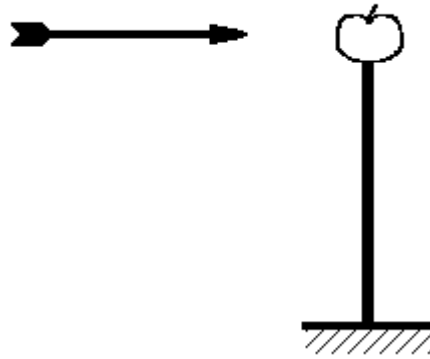
<https://www.li.perihel.ch/Aufgaben/Mechanik/Fallgesetze/schiefer-Wurf.pdf>

<https://videouroki.net/video/8-dvizhieniie-tiela-broshiennogho-pod-ughlom-k-ghorizontu.html>





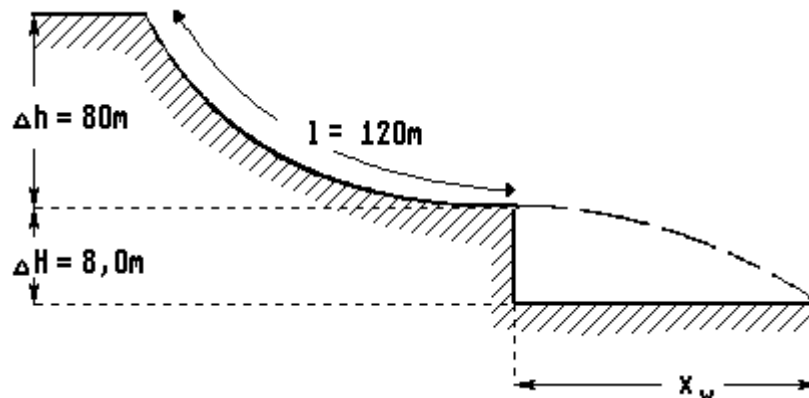
## A2. Tells Apfelschuss



Bei der Probe zum Tellschen Apfelschuss schießt der Armbrustschütze einen Pfeil der Masse  $m_1=40\text{g}$  mit der Geschwindigkeit  $v = 60\text{m/s}$  auf einen Apfel der Masse  $m_2=300\text{g}$ . Dieser liegt frei auf einer  $1,50\text{m}$  hohen Stange.

- Berechne den Betrag der Geschwindigkeit, mit der sich Pfeil und Apfel nach dem Treffer gemeinsam weiterbewegen, falls der Pfeil im Apfel stecken bleibt und Reibung außer Acht bleibt.
- Berechne, wie weit hinter der Stange der gemeinsame Schwerpunkt von Pfeil und Apfel am Boden auftrifft.

## A3. Sprungschanze

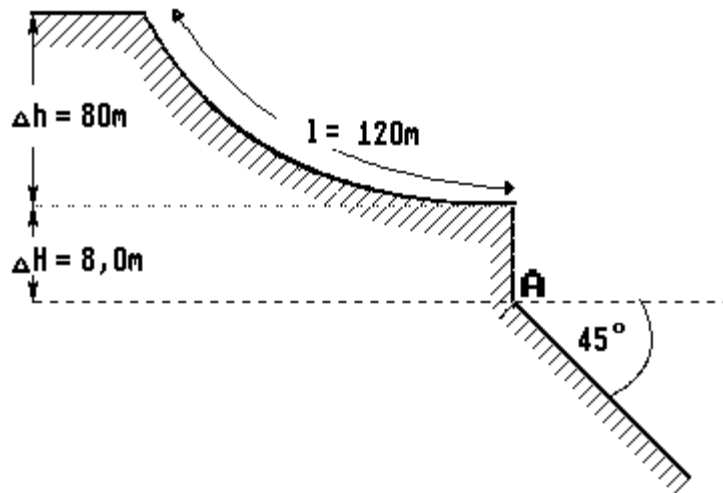


Ein Skispringer der Masse  $m=75\text{kg}$  springt von einer Schanze. Der Start liegt  $\Delta h=80\text{m}$  über dem Schanzentisch, die Länge der Anlaufspur ist  $l=120\text{m}$ , der Absprung erfolge horizontal.

- Berechne den Betrag  $v_0$  der Geschwindigkeit des Springers beim Verlassen des Schanzentisches, wenn die Reibung zunächst außer Acht gelassen wird.
- Die Luftreibung, sowie die Reibung zwischen Ski und Schnee soll nun durch die konstante Reibungskraft vom Betrag  $F_r=300\text{N}$  berücksichtigt werden. Berechne den Betrag  $v_1$  der Geschwindigkeit des Springers beim Verlassen des Schanzentisches.
- Berechne, welche Weite  $x_w$  würde der Springer mit der Geschwindigkeit  $v_1$  erreichen würde. Die Reibung in der Flugphase bleibe außer Acht.

**Hinweis:** Ein Sprung auf eine horizontale Ebene wäre großen Weiten und dem Knochenbau des Springers abträglich. Man wählt daher für den Aufsprung stark geneigte Hänge.

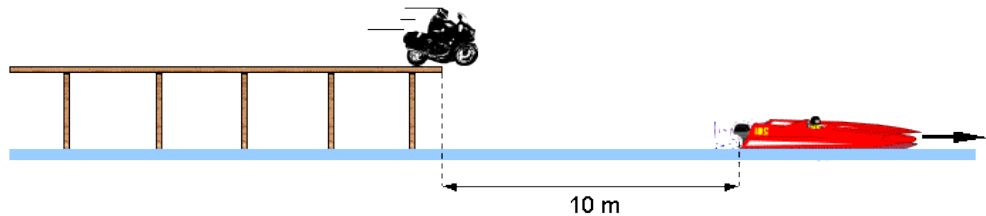
d)



**Nur für Experten:** Die Landepiste ist  $45^\circ$  gegen die Horizontale geneigt. Ihr Anfangspunkt ist A.

Berechne, in welchem Abstand von A der Springer die Landepiste berührt. Die Ausdehnung der Skier wird nicht berücksichtigt.

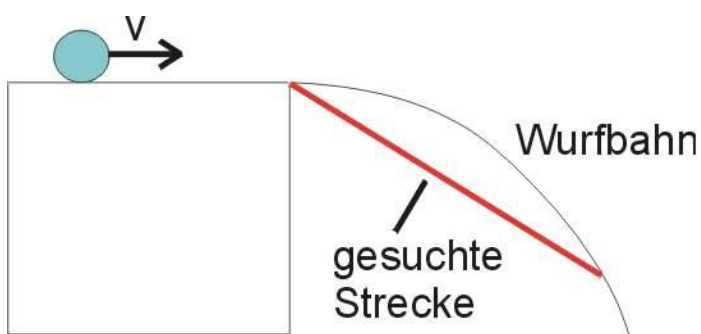
#### A4. James Bond auf Verbrecherjagd



Die Gegenspieler von James Bond versuchen mit einem Schnellboot zu entkommen. „007“ rast mit seinem Motorrad mit der Geschwindigkeit  $v$  (über) den Landungssteg, der 4m über der Wasseroberfläche verläuft. Seine Absicht ist es, nach einem freien Flug auf dem feindlichen 5m langen Boot zu „landen“. Die „Landefläche“ auf dem Boot befindet sich 50cm über der Wasseroberfläche. Die Abbildung zeigt den Moment des Absprungs. Das Boot bewegt sich mit 30kmh nach rechts. Berechne, in welchem Geschwindigkeitsbereich sich James Bond beim Absprung seines Motorrads bewegen muss, damit er (mit der Mitte seines Motorrads) auf das Boot trifft.

A5. Eine Schulklasse macht einen Ausflug zu einem alten Burg. Während der Besichtigung wirft ein Schüler einen Stein horizontal aus einem der in 30m Höhe liegenden Turmfenster. Die Schüler beobachten wie der Stein 20m von dem Turm entfernt auf dem Boden prallt. Wie groß war die Geschwindigkeit des Steins beim Abwurf? Mit welcher Geschwindigkeit schlägt der Stein auf dem Boden auf?

A6 Ein Körper wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit von  $10\text{ms}^{-1}$  waagrecht geworfen. Berechnen Sie den Abstand von der Abwurfkante nach 1,5 Sekunden.



LSG:  
Weg 18,6 m

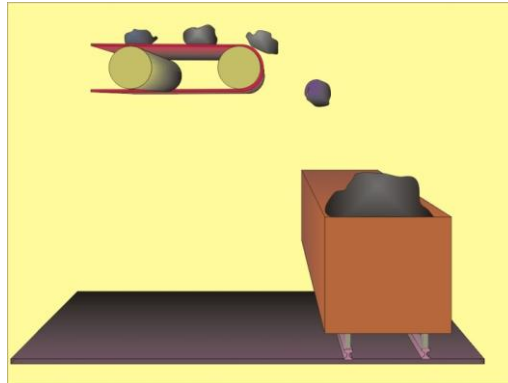
A7. Mit einer waagrecht gehaltenen Pistole (Mündungsgeschwindigkeit  $v = 240 \text{ m/s}$ ) soll eine 40 m entfernte Zielscheibe getroffen werden. Wie weit oberhalb des Zentrums der Zielscheibe muß die Pistole abgefeuert werden, um genau ins Zentrum zu treffen?

( LSG: 13.6cm)

### A8.

Von einem horizontalen Förderband aus soll Kohle bei 2,5 m Falltiefe 1,80 m weit geworfen werden.

- Welche Laufgeschwindigkeit muss das Band haben?
- In welchem Winkel zur Horizontalen trifft die Kohle auf?



### A9

Ein Stein wird mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 20 \text{ m/s}$  horizontal von der Höhe  $h$  aus abgeworfen. Er erreicht in der Horizontalen eine Wurfweite von  $x = 40 \text{ m}$ .

- Wie groß sind die Abwurfhöhe und die Flugzeit?
- Mit welcher Geschwindigkeit und unter welchem Winkel zur Horizontalen trifft der Stein auf den Boden??

A10. Anne wirft ihren Hausschlüssel aus der 4. Etage (12 m Höhe) mit 1,2 m/s waagrecht aus dem Fenster. Genau an der Hauswand lässt sie ihn los.

Wie weit fliegt der Schlüssel und mit welcher Geschwindigkeit kommt er unten an?

### A11

Skandal: Der böse Schüler Markus wirft in heimtückischer Absicht von einem Fenster aus 8m Höhe über dem Schulhof aus in horizontaler Richtung mit einer Geschwindigkeit von 15 m/s einen Schneeball los. Dieser trifft haarscharf neben dem Aufsicht führenden Lehrkörper auf dem Schulhof auf. Bei den folgenden Aufgaben soll der Luftwiderstand nicht berücksichtigt werden, der Wert für die Erdbeschleunigung sei  $= 9,81 \text{ m/s}^2$

- Zeige, dass der Schneeball etwa 1,28s nach dem Abwurf auf dem Boden auftrifft. Wenn dir der Nachweis nicht gelingt, darfst du diesen Wert im Folgenden verwenden.
- Berechne die Flugweite des Schneeballs, also den Abstand des Auftreffpunktes A vom Fußpunkt B.
- Berechne den Betrag der Geschwindigkeit des Schneeballs beim Auftreffen auf dem Schulhof.
- Berechne die Weite  $\alpha$  des Winkels, unter dem der Schneeball auf dem Boden auftrifft.
- Bestimme die Gleichung der Bahnkurve des Schneeballs.
- Nenne das Unabhängigkeitsprinzip und erläutere es am Beispiel dieser Aufgabe.

## LÖSUNGEN:

A1

- a)** Im gegebenen Bezugssystem befindet sich der Ursprung im Aufschlagpunkt. Die Bewegungsgleichungen ergeben sich also durch

$$x(t) = v_{x,0} \cdot t \quad y(t) = 12 \cdot g \cdot t^2$$

- b)** Im Koordinatensystem befindet sich der Boden bei  $h_1 = 2,40\text{m}$ . Es gilt also

$$h_1 = 1/2 \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{2 \cdot h_1 / g} \Rightarrow t = 0,7\text{s}$$

- c)** Der Ball muss so schnell geschlagen werden, dass er die Strecke  $l$  in der in Teilaufgabe **b)** berechneten Zeit  $t$  zurücklegt:

$$v_{x,0} \cdot t = l \Leftrightarrow v_{x,0} = l/t \Rightarrow v_{x,0} = 23,77\text{m}/0,7\text{s} = 34\text{m/s} \approx 122\text{ km/h}$$

A2

- a)** Beim Zusammentreffen von Pfeil und Apfel gilt die Impulserhaltung, daher folgt für die Geschwindigkeit  $v_2$  nach dem Treffer

$$p_1 = p_2 \Leftrightarrow m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v_2 \Leftrightarrow v_2 = m_1 / (m_1 + m_2) \cdot v_1 \Rightarrow v_2 = 40\text{g} / (40\text{g} + 300\text{g}) \cdot 60\text{ms} = 7,1\text{ms}$$

- b)** Apfel und Pfeil fallen nach dem Treffer aus  $1,5\text{m}$  herab, dazu brauchen sie die Zeit  $t$ :

$$h = 1/2 \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{2 \cdot h / g} \Rightarrow t = 0,55\text{s}$$

In dieser Zeit legen sie horizontal die Strecke  $s$  zurück:

$$s = v_2 \cdot t \Rightarrow s = 7,1\text{ms} \cdot 0,55\text{s} = 3,9\text{m}$$

A3.

- a)** Die potentielle Energie des Springers in der Höhe  $\Delta h$  wird in Bewegungsenergie umgewandelt. Daher gilt

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} \Leftrightarrow m \cdot g \cdot \Delta h = 1/2 \cdot m \cdot v_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} \Rightarrow v_0 = 40\text{m/s}$$

- b)** Wenn eine konstante Reibung hinzu kommt wird die potentielle Energie entlang des Weges nicht vollständig in Bewegungsenergie umgewandelt. Teile gehen durch die Reibung als Wärme verloren.

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} + E_R \Leftrightarrow E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} - E_R \Leftrightarrow 1/2 \cdot m \cdot v_1^2 = m \cdot g \cdot \Delta h - F_R \cdot l \Rightarrow v_1 = \sqrt{2 \cdot (m \cdot g \cdot \Delta h - F_R \cdot l)} / m$$

Einsetzen der gegebenen Werte liefert

$$v_1 = 25\text{m/s}$$

- c)** Der Springer fällt in der Zeit  $t$  um die Höhe  $\Delta H$ :

$$\Delta H = 1/2 \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{2 \cdot \Delta H / g} \Rightarrow t = 1,3\text{s}$$

In der Zeit legt er horizontal die Weite  $x_w$  zurück

$$x_w = v_1 \cdot t \Rightarrow x_w = 25\text{ms} \cdot 1,3\text{s} = 33\text{m}$$

- d)** Am Landepunkt des Springers gilt für den Verlauf der Flugbahn und für die Landepiste  $x_{\text{Flugbahn}} = x_{\text{Landepiste}}$  und  $y_{\text{Flugbahn}} = y_{\text{Landepiste}}$ . Da die Landepiste um  $45^\circ$  nach unten geneigt ist, ergibt sich dort  $y = -x$ . Für den

gilt

$$x(t) = v_1 \cdot t; \quad y(t) = \Delta H - 1/2 \cdot g \cdot t^2$$

Da die Abhängigkeit von  $y$  von der Zeit nichts nützt, sondern wir eine Abhängigkeit  $y(x)$  brauchen, schreiben wir sie um zu  $t = x/v_1$  und setzen ein:

$$Y = \Delta H - 1/2 \cdot g \cdot (x/v_1)^2$$

Wir nutzen nun aus, dass auf der Landepiste  $y = -x$  gilt und setzen  $y$  Flugbahn =  $y$  Landepiste gleich:

$$-x = \Delta H - 1/2 \cdot g \cdot (x/v_1)^2$$

Wir stellen die Formel um und wenden die  $p$ - $q$ -Formel an, um die Lösung für die Weite  $x$  zu erhalten:

$$0 = -1/2 \cdot g \cdot (x/v_1)^2 + x + \Delta H \Leftrightarrow 0 = x^2 - 2 \cdot v_1^2 x / g - 2 \cdot \Delta H \cdot v_1^2 / g$$

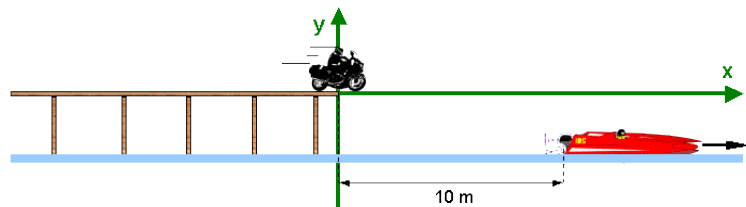
Es ist also  $p = -2 \cdot v_1^2 / g$  und  $q = -2 \cdot \Delta H \cdot v_1^2 / g$  und somit

$$x_{1,2} = v_1^2 / g \pm \sqrt{(v_1^2 / g)^2 + 2 \cdot \Delta H \cdot v_1^2 / g}; \quad L = \{135\text{m}; -7,5\text{m}\}$$

Die physikalisch sinnvolle Lösung ist natürlich  $x = 135\text{m}$ . Nachdem die Frage nicht nur nach der Entfernung in  $x$ -Richtung, sondern nach dem Abstand vom Punkt A ist berücksichtigen wir noch die Entfernung in  $y$ -Richtung über den Satz des Pythagoras und nutzen abermals, dass auf der Piste  $y = -x$  gilt

$$S = \sqrt{(x^2 + y^2)} = \sqrt{(x^2 + (-x)^2)} = \sqrt{2x^2} \Rightarrow s = 191\text{m}$$

#### A4. James Bond auf Verbrecherjagd - Lösung



Die Entfernung des Bootes vom Landungssteg zur Absprungzeit  $t = 0\text{s}$  beträgt  $e = 10\text{m}$ , die Länge des Bootes  $l = 4\text{m}$ . Der Ursprung des Koordinatensystems sei die Absprungranke des Steges. Dann gilt für das Niveau der „Landepiste“

$$y_0 = -(4\text{m} - 0,50\text{m}) = -3,5\text{m}$$

Zunächst wird die Flugzeit  $t_0$  mit der Gleichung für die Vertikalbewegung (Fall) ermittelt:

$$y_0 = -1/2 \cdot g \cdot t_0^2 \Rightarrow t_0 = \sqrt{-2 \cdot y_0 / g}$$

Für den Weg  $s_B$ , den das Boot während dieser Zeit zurücklegt, gilt:

$$s_B = v_B \cdot t_0$$

Somit gilt für den minimalen horizontalen Flugweg:

$$s_{\min} = e + v_B \cdot t_0$$

In diesem Fall trifft der Mittelpunkt des Motorrads gerade noch am Heck des Bootes auf. Für den maximalen horizontalen Flugweg gilt:

$$s_{\max} = e + v_B \cdot t_0$$

In diesem Fall landet 007 auf der vorderen Spitze des Bootes.

Für die konstante horizontale Geschwindigkeit gilt damit, wenn man die Geschwindigkeit des Bootes  $v_0 = 30 \text{ km/h} \approx 8,33 \text{ m/s}$  verwendet:

$$v_{\min} = s_{\min} / t_0 = (e + v_B \cdot t_0) / t_0 = e / t_0 + v_B = e / \sqrt{-2 \cdot y_0 / g} + v_B \Rightarrow v_{\min} \approx 20,28 \text{ m/s} \approx 73 \text{ km/h}$$

$$v_{\max} = s_{\max} / t_0 = (e + v_B \cdot t_0) / t_0 = (e + l) / t_0 + v_B \Rightarrow v_{\min} \approx 26,11 \text{ m/s} \approx 94 \text{ km/h}$$

Die Geschwindigkeit von James Bond muss zwischen 73 km/h und 94 km/h liegen.

A5. Man stellt die Formel für die Wurfweite nach der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  um:

$$s_{\max} = v_0 \cdot \sqrt{2h_0/g} \Rightarrow v_0 = s_{\max} / \sqrt{2h_0/g} = 8,09 \text{ m/s}$$

A8.

geg.:  $h = 2,5 \text{ m}$   
 $s = 1,8 \text{ m}$

ges.:  $v, \alpha$

Lösung: a) Es kommen die Gesetze des waagerechten Wurfes zur Anwendung. Die Gleichung für die Wurfparabel lautet:

$$y = -\frac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot x^2$$

Der y-Weg ist die Falltiefe und der x-Wert die Fallhöhe. Die Gleichung muss nach  $v$  umgestellt werden:

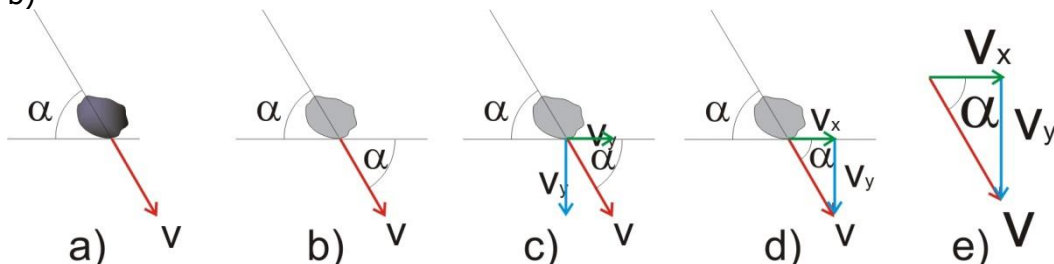
$$v_0 = \sqrt{-\frac{g}{2 \cdot y} \cdot x^2}$$

Da die Bewegung nach unten verläuft, wird der y-Wert negativ und der Wert unter der Wurzel positiv.

$$v_0 = \sqrt{\frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 2,5 \text{ m}} \cdot 1,8^2 \text{ m}^2}$$

$$v_0 = 2,52 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b)



a) Die Kohle trifft mit der Geschwindigkeit  $v$  unter dem Winkel  $\alpha$  auf.

b) Der Winkel  $\alpha$  taucht als Scheitelwinkel noch einmal auf.

c) Die Geschwindigkeit  $v$  kann in eine  $v_x$ - und eine  $v_y$ -Komponente zerlegt werden.

d) Der Vektor der  $y$ -Komponente kann verschoben werden.

e) Es ergibt sich ein rechtwinkliges Dreieck. Darin ist  $v$  die Hypotenuse,  $v_y$  die Gegenkathete und  $v_x$  die Ankathete des Winkels  $\alpha$ .

Zur Berechnung des Winkels müssen die beiden Geschwindigkeitskomponenten bekannt sein. In  $x$ -Richtung wird die in a) berechnete Geschwindigkeit verwendet, da diese Bewegung bei Vernachlässigung der Reibung gleichförmig ist.

In y-Richtung berechnet sich die Geschwindigkeit über den freien Fall aus 2,5 m Höhe. Man erhält 7 m/s.

Damit gilt:

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

$$\tan \alpha = \frac{7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,52 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$\alpha = 70^\circ$$

Antwort: Das Band muss eine Geschwindigkeit von 2,53 m/s haben, damit die Kohle in den Waggon fällt.

Die Kohle trifft unter einem Winkel von 70° auf.

A9

geg.:  $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$       ges.:  $h, t, v, \alpha$   
 $x = 40 \text{ m}$

Lösung: Die Bewegung stellt einen waagerechten Wurf dar. Die Wurfweite  $x$  ist abhängig von der Abwurfgeschwindigkeit und der Abwurfhöhe  $y$ . Dieser Zusammenhang wird mit der Gleichung für die Wurfparabel:

$$y = -\frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2$$

$$y = -\frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 20^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} \cdot 40^2 \text{ m}^2$$

$$y = -19,6 \text{ m}$$

Das negative Vorzeichen im Ergebnis bedeutet, dass der Stein nach unten fällt, gibt als die Richtung an. Der Stein führt gleichzeitig zwei Bewegungen durch, die sich ungestört zur Gesamtbewegung überlagern. Die Flugzeit kann auf zwei verschiedenen Wegen berechnet werden: über die gleichförmige Bewegung in x-Richtung und den freien Fall in y-Richtung. In x-Richtung:

$$v_0 = \frac{x}{t}$$

$$t = \frac{x}{v_0}$$

$$t = \frac{40 \text{ m}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t = 2 \text{ s}$$



In y-Richtung:

$$y = \frac{g}{2} \cdot t^2$$

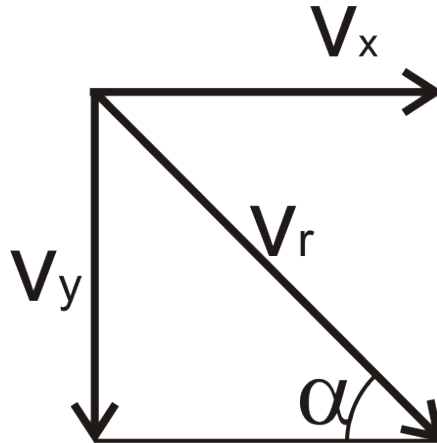
$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 19,6 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

Beide Zeiten stimmen überein, was ja auch o.k. ist.

Der Stein bewegt sich sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung. Daraus ergibt sich eine Bewegung schräg nach unten. Die eigentliche Geschwindigkeit ergibt sich aus der vektoriellen Addition der beiden Teilbewegungen. Aus dem Bild ist zu erkennen, dass  $v_r$  mit dem Satz des Pythagoras berechnet werden kann:



$$v_r = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v_r = 28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Der Auftreffwinkel Alpha lässt sich über eine Winkelbeziehung bestimmen:

$$\sin \alpha = \frac{v_y}{v_r}$$

$$\alpha = 44,4^\circ$$

Antwort: Der Stein wurde aus einer Höhe von 19,6 m abgeworfen und flog 2 Sekunden. Er trifft mit 28 m/s in einem Winkel von  $44,4^\circ$  auf dem Boden auf.

A10

geg.:  $h = 12 \text{ m}$                       ges.:  $s, v$

$$v_0 = 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Lösung: Es liegt ein waagerechter Wurf vor, bei dem sich zwei Bewegungen überlagern: ein freier Fall nach unten und eine gleichförmige Bewegung nach vorn. Beide Bewegungen zusammen ergeben den Wurf.

Die Verbindung zwischen den beiden Bewegungen ist die Zeit. Die Zeit, die der Schlüssel nach unten fällt, bewegt er sich auch nach vorn.

Wie lange braucht der Schlüssel, bis er unten ist? Es gelten die Gesetze des freien Falls:

$$h = \frac{g}{2} \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,2 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

$$t = 1,56 \text{ s}$$

Nach dieser Zeit liegt der Schlüssel unten. In dieser Zeit bewegt er sich gleichförmig nach vorn, also gilt:

$$s = v_0 \cdot t$$

$$s = 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,56 \text{ s}$$

$$s = 1,9 \text{ m}$$

Die Aufschlaggeschwindigkeit kann wieder mit den Gesetzen des freien Falls berechnet werden:

$$v = g \cdot t$$

$$v = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,56 \text{ s}$$

$$v = 15,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = 55 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Antwort: Der Schlüssel landet 1,9 m von der Hauswand entfernt. Er schlägt mit einer Geschwindigkeit von  $55 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  auf.

A11

- $t = 1,28 \text{ s}$
- $X = 19,2 \text{ m}$
- $V = 19,56 \text{ m/s}$
- $a = -39,94^\circ$
- $y(x) = -0,0218 \frac{1}{\text{m}} x^2 + 8 \text{ m}$