2.1 Kinematik

Gleichförmige Bewegung

1

a) $s = vt$; 17 m

b) $t = \frac{s}{v}$; $2.9 \cdot 10^{-4}$ s = 0.29 ms

c) $t = \frac{s}{v}$; $3.3 \cdot 10^{-10}$ s = 0.33 ns

d) $s = vt$; $3 \cdot 10^{5}$ m = 300 km

e) $s = vt$; 0.06 m = 6 cm

f) $v = \frac{s}{t}$; 27.3 km/h

2

$h = \frac{vt}{2}$; 1.12 km

3

a) $t = \frac{s}{v_1 + v_2}$; 3.6 min

b) $s_1 = \frac{v_1}{v_1 + v_2} s$; 1.2 km

$s_2 = \frac{v_2}{v_1 + v_2} s$; 0.30 km

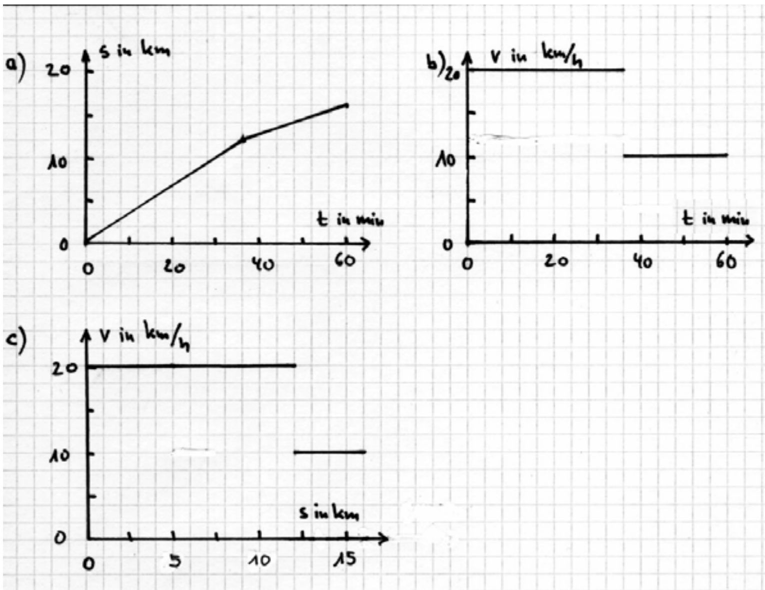
c) $s_3 = \frac{v_3}{v_1 + v_2} s$; 2.1 km

4

a) Unsinn! Die Steigung der Geraden ist nicht $\tan\alpha$. An den Achsen des Diagramms stehen physikalische Grössen mit Einheiten. Ausserdem sind die Achsen nicht im gleichen Massstab eingeteilt. In diesem Fall ist die Steigung der Geraden der Quotient aus dem Ordinatenwert und dem Abszissenwert eines Punktes auf der Geraden. Der Ordinatenwert ist an der senkrechten Achse mit zugehöriger Einheit, der Abszissenwert an der waagrechten Achse mit zugehöriger Einheit abzulesen.

b) $v = \frac{s_1}{t_1} = \frac{20\ \text{m}}{6.0\ \text{s}}$; 3.3 m/s

5

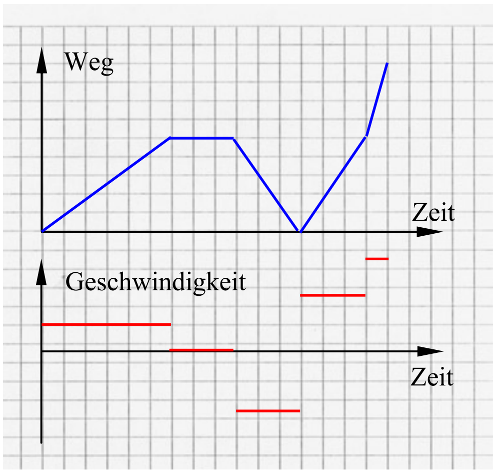


d) Fahrzeiten: $t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{3}{5}\,\text{h}$; $t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{2}{5}\,\text{h}$; $\bar{v} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$; 16 km/h

6

a)

b)



7

a)

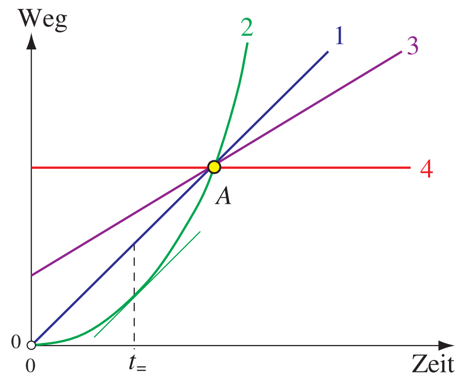
Zürich	ab	12:13
Wiedikon	an	12:17
Wiedikon	ab	12:19
Enge	an	12:21
Enge	ab	12:26
Wollishofen	an	12:29
Wollishofen	ab	12:37

b) $v_1 = \frac{11.75\,\text{km} - 3.6\,\text{km}}{12:37\,\text{h} - 12:32\,\text{h}}$; 98 km/h

c) $v_2 = \dfrac{3.6\,\text{km}}{12:42\,\text{h} - 12:37\,\text{h}}$; 43 km/h

d) $\bar{v} = \dfrac{11.75\,\text{km}}{12:42\,\text{h} - 12:32\,\text{h}}$; 71 km/h

8



a) **1** und **3** fahren mit konstanter Geschwindigkeit, **4** steht. Alle drei bewegen sich im Sinne der Definition gleichförmig.
b) $v_4 < v_3 < v_1$
c) Velo **3** hat zu Anfang einen Vorsprung auf mich. Da ich aber schneller fahre, wird unser Abstand immer kleiner. Jetzt überhole ich und unser Abstand wird wieder grösser.
d) Die vier Velos befinden sich am gleichen Ort, d.h. sie treffen sich.
e) Zur gesuchten Zeit $t_=$ hat die Kurve von Velo **2** die gleiche Steigung wie die Gerade von Velo **1**.

Gleichmässig beschleunigte Bewegung

9

$v^2 = 2as \Rightarrow s = \dfrac{v^2}{2a}$; 320 km

10

$a = \dfrac{v}{t}$; 3.9 m/s^2; $s = \dfrac{1}{2}vt$; 100 m

11

a) $a = \dfrac{v}{t}$; $1.4 \cdot 10^{-4}$ m/s^2; $s = \dfrac{1}{2}at^2$; $4.7 \cdot 10^7$ km

b) $t = \dfrac{v}{a}$; 2.3 d

Wegen der Reibung könnte das Auto mit einem Ionenantrieb gar nicht in Bewegung gesetzt werden.

12

$a = \frac{v^2}{2s}$; 2.6 m/s^2 $\quad t = \frac{2s}{v}$; 9.6 s

13

Hinweis: Aufgrund einer Änderung im Aufgabentext in der 2. Auflage 2006 hat diese Aufgabe zwei unterschiedliche Lösungen.

Lösung für die 2. Auflage 2006:

a) Die Geschwindigkeit des Flugzeugs nimmt durchschnittlich pro Sekunde um 2.9 m/s zu.

b) $s = \frac{v^2}{2a}$; 1.7 km, es genügt nicht.

c) Die Geschwindigkeit nach 100 m beträgt $v = \sqrt{2as}$; 24 m/s.
Da die Geschwindigkeit gleichmässig zunimmt, ist die mittlere Geschwindigkeit auf diesen 100 m halb so gross, also 12 m/s.

Lösung für die 1. Auflage 2004:

a) Die Geschwindigkeit des Flugzeugs nimmt durchschnittlich pro Sekunde um 3.9 m/s zu.

b) $s = \frac{v^2}{2a}$; 1.3 km, es genügt nicht.

c) Die Geschwindigkeit nach 100 m beträgt $v = \sqrt{2as}$; 28 m/s.
Da die Geschwindigkeit gleichmässig zunimmt, ist die mittlere Geschwindigkeit auf diesen 100 m halb so gross, also 14 m/s.

14

$t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$; 3.0 s $\quad v = \sqrt{2as}$; 48 km/h

15

a) $a = \frac{2s_1}{t_1^2}$; 0.28 m/s^2 $\quad v_1 = \frac{2s_1}{t_1}$; 5.0 km/h

b) $t_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{a}}$; 19 s $\quad v_2 = \sqrt{2as_2}$; 19 km/h

16

a) $a = \frac{2s_1}{t_1^2}$; 5.0 m/s^2

b) $\Delta t = 1.0$ s, $\Delta s = \frac{1}{2}a(2t\Delta t - \Delta t^2)$; 48 m; 500 m

c) $t = \dfrac{v_{\text{end}}}{a}$; 26 min

d) Durch den Treibstoffverbrauch wird die Masse der Raumfähre kleiner, die Schubkraft bleibt jedoch gleich. Der Luftwiderstand der dünner werdenden Luft hängt von der Geschwindigkeit ab.

17

$\Delta t = \dfrac{v_2 - v_1}{a}$; 2.4 s $\Delta s = \dfrac{1}{2} \cdot \dfrac{v_2^2 - v_1^2}{a}$; 43 m

18

a) $s = \dfrac{1}{2} a t^2$; 2.4 m $v = at$; 0.48 m/s

b) $t = \dfrac{v}{a}$; 29 s $s = \dfrac{1}{2} a t^2$; 20 m

19

a) $(t + \Delta t) \cdot v_{\text{Hans}} = \dfrac{1}{2} a t^2$; 3.0 s b) $s = \dfrac{1}{2} a t^2$; 18 m

c) $v = at$; 12 m/s

20

a) $t = \dfrac{\Delta s}{v_1 - v_2}$; 50 s b) $t = \sqrt{\dfrac{2\Delta s}{a_1 - a_2}}$; 10 s

Gleichmässig beschleunigte Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit

21

$v = \sqrt{2(-a)s}$; 14 m/s = 50 km/h

Der Lenker hatte die zulässige Höchstgeschwindigkeit nicht überschritten.

22

$s = \dfrac{v_0^2\,[\text{km/h}]}{100} = \dfrac{v_0^2\,[\text{m/s}] \cdot 3.6^2}{100} = \dfrac{v_0^2\,[\text{m/s}]}{-2a}$; also $a = -3.9$ m/s^2

23

a) $a = \frac{v}{t}$; $40\ \text{m/s}^2 \approx 4\ g$ $s = \frac{1}{2} a t^2$; $88\ \text{m}$

b) $a = \frac{v^2}{2s}$; $69\ \text{m/s}^2 \approx 7\ g$ $t = \frac{2s}{v}$; $1.2\ \text{s}$

24

$a = -\frac{v_0^2}{2s}$; $-0.16\ \text{m/s}^2$ $t = -\frac{v_0}{a}$; $42\ \text{s}$

25

a) $v_0 = \frac{2s}{t}$; $80\ \text{m/s}$

b) $a = -\frac{2s}{t^2}$; $-2.7\ \text{m/s}^2$

26

$a = \frac{2}{t^2}(s - v_0 t)$; $-2.4\ \text{m/s}^2$

Der Zug bremst ab.

27

Der Index 1 bezeichne die Grössen auf der Rampe, der Index 2 diejenigen in der Unterführung. v_{max} stehe für die Geschwindigkeit am Ende der Rampe.

a) $v_{\text{max}} = -a_2 t_2$; $72\ \text{cm/s}$ $t_1 = \frac{v_{\text{max}}}{a_1}$; $9.0\ \text{s}$ $t = t_1 + t_2$; $21\ \text{s}$

b) $s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$; $3.2\ \text{m}$

28

Reaktionsweg: $s_R = v_0 t_R$; $20\,\text{m}$

Bremsweg: $s_B = -\frac{v_0^2}{2a}$; $40\,\text{m}$

Anhalteweg: $s = s_R + s_B$; $60\,\text{m}$

Sie bringen das Auto noch vor den Felsbrocken zum Stehen.

29

Anhalteweg: $s = v_0 t_R + \dfrac{v_0^2}{-2a}$; 35 m; es liegt noch drin.

30

a) $s = -\dfrac{v_0^2}{2a}$; 16 km

b) $s = v_0 t + \dfrac{1}{2} a t^2$; 89 s

c) Anfahrzeit: $t_1 = \dfrac{v}{a_1}$; 280 s

Anfahrstrecke: $s_1 = \dfrac{1}{2} a_1 t_1^2$; 19 km

Bremszeit: $t_2 = -\dfrac{v}{a_2}$; 230 s

Bremsweg: $s_2 = 16$ km (vgl. Aufgabe a))

Zeit für die zwischen Anfahr- und Abbremsvorgang liegende Strecke:

$t_3 = \dfrac{s_3}{v}$; 40 min

Gesamtfahrzeit Genf – St. Gallen: 49 min

31

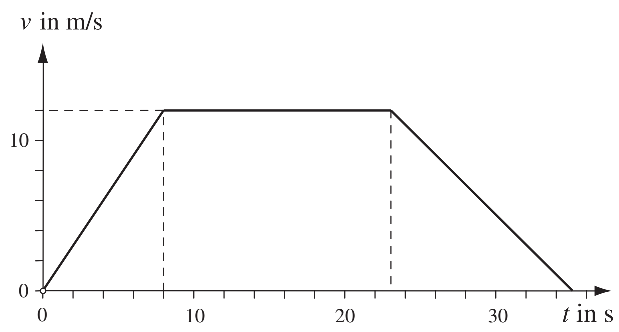
a) $t_1 = \dfrac{v}{a_1}$; 8.0 s

b) $t_2 = \dfrac{v}{-a_2}$; 12 s

c) $s_3 = s - \dfrac{1}{2} v t_2 - \dfrac{1}{2} v t_2$; 180 m

d) $t = t_1 + t_2 + \dfrac{s_3}{v}$; 35 s

e) Fahrtenschreiber:



32

Anfahren:

$t_A = 30$ s; $a_A = \dfrac{v_{\max}}{t_A}$; 1 m/s^2; $s_A = \dfrac{1}{2} a_A t_A^2$; 450 m

Bremsen:

$s_B = 600$ m; $t_B = 2 \cdot \dfrac{s_B}{v_{\max}}$; 40 s

Gleichförmige Bewegung:
$s_G = d - s_A - s_B$; 3900 m; $t_G = s_G / v_{\max}$; 130 s

Fahrtzeit:
$t_{\text{tot}} = t_A + t_G + t_B$; 200 s; Die S12 kommt um 11:24:20 in Stettbach an.

33

Abbremsen vor der Baustelle:

$t_B = \dfrac{v_2 - v_1}{a_B}$; 50 s; $s_B = \dfrac{v_2^{\,2} - v_1^{\,2}}{2a_B}$; 1000 m

Anfahren nach der Baustelle:

$t_A = \dfrac{v_2 - v_1}{a_A}$; 60 s; $s_A = \dfrac{v_2^{\,2} - v_1^{\,2}}{2a_A}$; 1200 m

Gleichförmige Bewegung:

$t_G = \dfrac{s}{v_2}$; 260 s; $s = 1300$ m

Ganzer Vorgang:
$t_{\text{tot}} = t_B + t_G + t_A$; 370 s; $s_{\text{tot}} = s_B + s + s_A$; 3500 m

Fahrzeit ohne Baustelle:

$t = \dfrac{s_{\text{tot}}}{v_1}$; 100 s

Somit verlängert sich die Reisezeit um 270 s.

Gleichmässig beschleunigte Bewegung mit schiefer Ebene

34

$v = \sqrt{2g \sin\alpha \cdot s}$; 4 m/s

35

a) $v_0 = \sqrt{2g\sin\alpha \cdot s}$; 4.5 m/s b) $t = \sqrt{\dfrac{2s}{g\sin\alpha}}$; 2.6 s

36

a) $a = g \cdot (\sin\alpha - \mu_G \cdot \cos\alpha)$; 2.4 m/s^2

Somit ist die Geschwindigkeit nach 3.0 s: $v = at$; 7.1 m/s

b) $s = \dfrac{1}{2}at^2$; 11 m

37

$F_L = mg \cdot (\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)$; 19 N

38

$t = \sqrt{\dfrac{b}{g\sin\alpha\cos\alpha}} = \sqrt{\dfrac{2b}{g\sin 2\alpha}}$; $t_{\min}$ für $\alpha = 45°$

39

a) $\dfrac{1}{2}at^2 = \dfrac{1}{2}at^2 - v_0 t + l \qquad t \quad \dfrac{l}{v_0}$; 1.2 s

b) $s = \dfrac{1}{2}g\sin\alpha\left(\dfrac{l}{v_0}\right)^2$; 3.5 m

c) $v_1 = g\sin\alpha\left(\dfrac{l}{v_0}\right)$; 5.9 m/s $v_2 = v_1 - v_0$; 0.89 m/s

Der Keil bewegt sich bereits wieder abwärts.

Gleichmässig beschleunigte Bewegung, Diagramme

40

a) Von $t = 0$ bis $t_1 = 2$ h ist $v_1 = 50$ km/h, von t_1 bis t_2 ist $v_2 = 100$ km/h, $\bar{v} = 67$ km/h

b) $v_1 < v_2$

c) Im Zeitpunkt t_1 (Punkt P) strebt die Beschleunigung a gegen unendlich.

41

a) Weg-Zeit-Diagramm:
Plötzlicher Stillstand nach gleichförmiger Bewegung (ruckartig, $a \to \infty$)
Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm:
Nach gleichmässig beschleunigter Bewegung Fortbewegung mit der erreichten Endgeschwindigkeit.

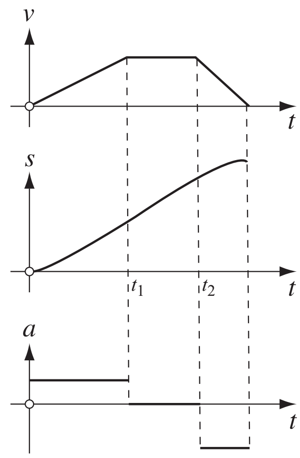
b) Bewegung ruckartig, Beschleunigung $a \to \infty$ bei Übergang von Bewegung zu Stillstand.

c) Gleichmässig beschleunigtes Anfahren eines Autos. Wenn die Endgeschwindigkeit erreicht ist, fährt es mit konstanter Geschwindigkeit weiter.

42

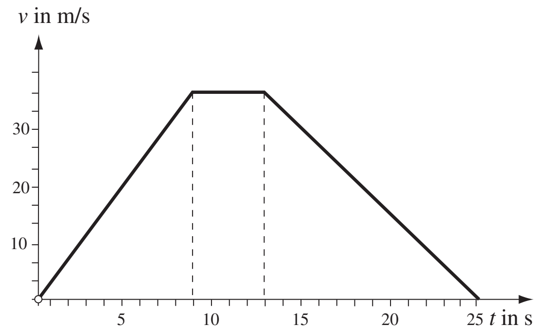
a) Das Auto fährt gleichmässig beschleunigt an, fährt kurze Zeit mit konstanter Geschwindigkeit und bremst dann wieder gleichmässig bis zum Stillstand ab.

b)

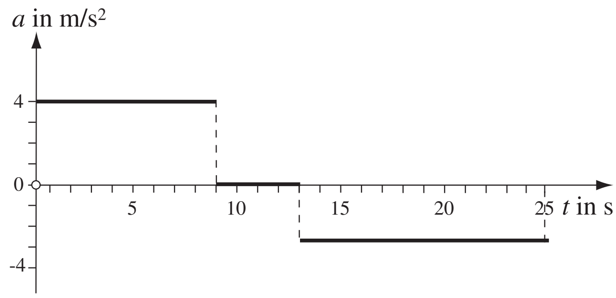


43

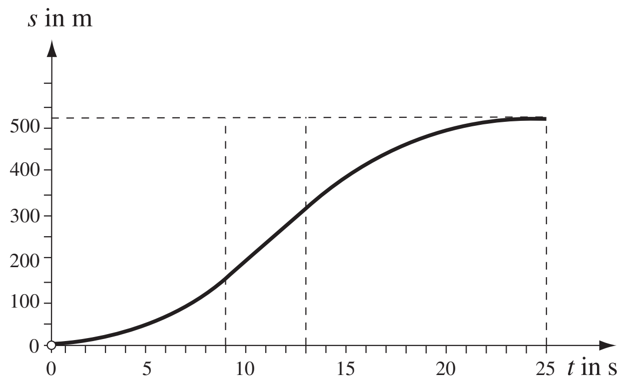
a)



b)



c)



Die Piste muss mindestens 0.52 km lang sein.

44

a) Die Steigung der Geraden

b) $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$; g: 2.0 m/s^2; h: 3.0 m/s^2; k: – 4.0 m/s^2; l: – 6.0 m/s^2

c) $t = \dfrac{v}{a}$; g: 14 s; h: 9.3 s

d) $s = \dfrac{v_0^2}{-2a}$; k: 96 m; l: 64 m

e) h hat einen stärkeren Motor als g, l hat bessere Bremsen als k (z.B. ABS-Bremssystem)

Freier Fall

45

Streng genommen bezeichnet man mit dem Begriff «freier Fall» nur Fallbewegungen, bei welchen allein die Gewichtskraft auf den Fallkörper einwirkt. Im Fallrohrexperiment wird dies durch das Entfernen der Luft erreicht, da diese dem Fallkörper als Luftwiderstand entgegenwirkt. Bei genauerer Messung lässt sich zeigen, dass das Stahlkügelchen in Luft praktisch gleich schnell fällt wie im Vakuum. Deshalb fallen in der Physik auch all diejenigen Fallbewegungen unter dem Begriff «freier Fall», bei denen die anderen Einflüsse, verglichen mit der Gewichtskraft, vernachlässigt werden können.

46

a) Sobald der Kollege den Massstab loslässt, fällt er im freien Fall. Die Strecke, die frei fallende Objekte zurücklegen, ist jedoch nur von der verstrichenen Zeit und der Fallbeschleunigung *g* abhängig. Mit bekannter Fallbeschleunigung lässt sich aus der Fallstrecke die Fallzeit berechnen, die Ihrer Reaktionszeit entspricht.

b) $t = \sqrt{\dfrac{2s}{g}}$; 0.18 s

c) $s = \dfrac{1}{2} g t^2$; 4.1 cm (das ist genau ein Viertel der ersten Distanz!)

47

Das zweite Kügelchen trifft den Boden nach $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$; 0.090 s.

Das dritte Kügelchen trifft nach t_2 = 0.18 s auf den Boden.

Sein Abstand vom ersten Kügelchen ist $h_2 = \frac{1}{2} g t_2^2$; 16 cm.

Die Abstände der weiteren Kügelchen vom ersten sind 36 cm, 64 cm und 100 cm.

48

a) $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$; 2.8 s

b) $v = \sqrt{2gh}$; 28 m/s

c) Im Experiment darf der Luftwiderstand nicht mehr vernachlässigt werden. Die Annahme einer gleichmässig beschleunigten Bewegung stimmt nicht mehr ganz. Der Stein wird folglich auch mit einer geringeren Geschwindigkeit in die Aare plumpsen.

49

$h = \frac{v^2}{2g}$; 3.3 m

50

a) $h = \frac{v^2}{2g}$; 32 m

b) $h = \frac{(2v)^2}{2g}$; 127 m

51

$h = \frac{{v_2}^2 - {v_1}^2}{2g}$; 8.43 m; das sind 2.81 m pro Etage.

$h = \frac{{v_2}^2}{2g}$; 14.0 m; das sind 5 Etagen über der Familie Meierhans.

52

Für den freien Fall gilt: $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Für die Rutschbahn gilt: $t_2 = \sqrt{\frac{2s}{g \sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2h}{g \sin^2\alpha}}$

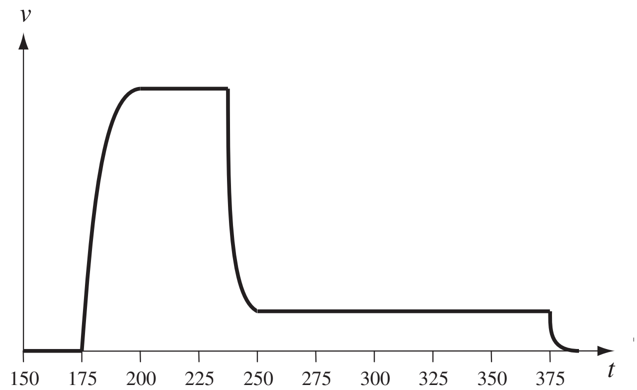
Da $t_2 = 4t_1$ gilt: $\sin\alpha = \dfrac{1}{4} \qquad \alpha \quad 14°$

53

a) Absprung: 175 s. Der Springer wird in Richtung Boden beschleunigt.
Öffnen des Fallschirms: 230 s. Starke Verzögerung im Diagramm.
Auftreffen auf dem Boden: 370 s. Zu diesem Zeitpunkt tritt nochmals eine grössere Verzögerung auf.

b) Der Springer fällt mit konstanter Geschwindigkeit. Sie ist nicht null.

c)



54

Die Geschwindigkeit entspricht der Fläche unter der Kurve. Angenähert durch eine Dreiecksfläche erhalten Sie für die höchste Fallgeschwindigkeit etwa 52 m/s oder 190 km/h.

Vertikaler Wurf

55

$v = \sqrt{2gh}$; 76.7 m/s

56

a) Aus $s = v_0 t - \dfrac{1}{2} g t^2$ folgt für $s = 0$ (der Ball ist wieder am Boden) mit

der Flugzeit t_F: $v_0 = \dfrac{g t_F}{2}$; 12 m/s

b) Die halbe Flugzeit braucht der Ball zum Fallen. $h = \dfrac{1}{2} g \left(\dfrac{t_F}{2}\right)^2$; 7.7 m

57

a) $h = v_0 t + \frac{g}{2} t^2$ liefert die Flugzeit $t = 2.4$ s.

$v = v_0 + gt$ liefert die Aufprallgeschwindigkeit $v = 26$ m/s.

b) Aus $h = v_0 t + \frac{g}{2} t^2$ und $v = v_0 + gt$ erhalten Sie $t = 1.9$ s und $v_0 = 9.2$ m/s.

c) Aus $h = v_0 t + \frac{g}{2} t^2$ erhalten Sie $v_0 = \frac{h}{t} - \frac{gt}{2} = 7.7$ m/s.

58

a) Angelas Ball, da dieser auf der Höhe des Mädchens bereits eine Abwärtsgeschwindigkeit besitzt.

b) Abwärtsgeschwindigkeit von Angelas Ball, auf der Höhe von Karin ($h_1 = 2.5$ m):

$v_0 = \sqrt{2gh_1}$; 7.0 m/s

Auftreffzeit von Angelas Ball, von dem Moment an gemessen, wo Karin ihren Ball loslässt ($h_2 = 12$ m; quadratische Gleichung $\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t - h_2 = 0$ lösen):

$$t_1 = \frac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh_2}}{g};\quad 1.0 \text{ s}$$

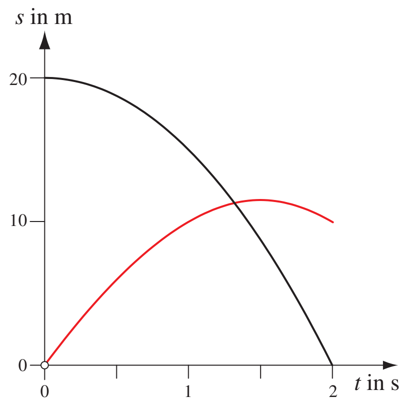
Auftreffzeit von Karins Ball:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}};\quad 1.6 \text{ s}$$

Karins Ball kommt 0.6 s später am Boden an.

59

a)



b) $s_1 = h - \frac{g}{2}t^2$

$s_2 = v_0 t - \frac{g}{2}t^2$

Treffpunkt wenn $s_1 = s_2$, also bei $h = v_0 t \Rightarrow t = \frac{h}{v_0} =$ 1.33 s

s_1 ist dann 11.3 m über dem Boden.

c) $v_1 = gt = 13.1$ m/s

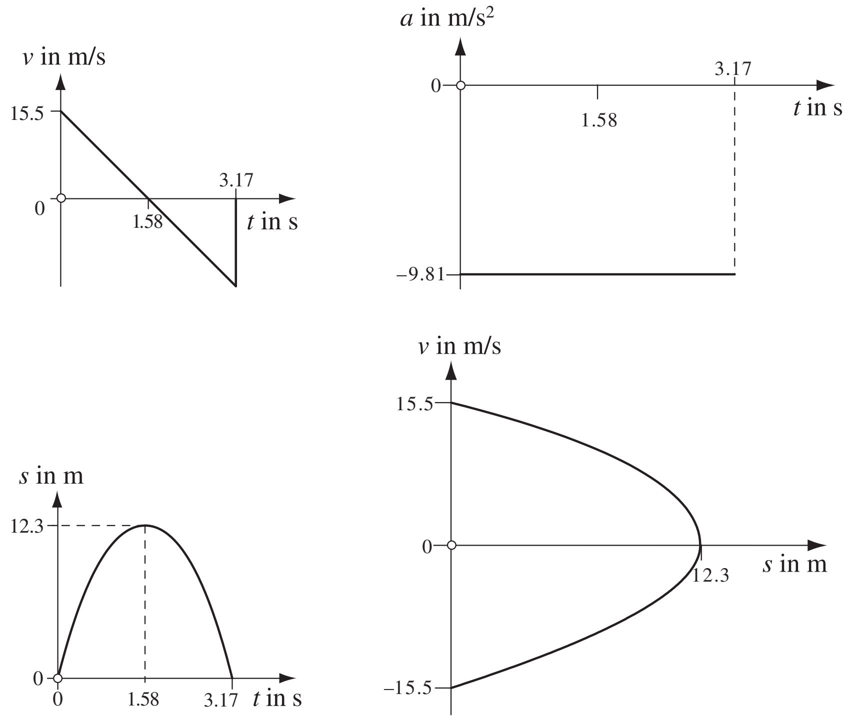
$v_2 = v_0 - gt = 1.92$ m/s

60

a) $v = \sqrt{2gh} = 15.5\,\text{m/s}$

b) $t = 2\sqrt{\frac{2h}{g}} = 3.17\,\text{s}$

c)



d) In halber Höhe hat der Stein die Geschwindigkeit 11.0 m/s.

e) $h^* = h - \frac{\left(\frac{v}{2}\right)^2}{2g} = \frac{3}{4}\text{h};\ 9.23\text{ m}$

f) $s = v_0 t - \frac{g}{2}t^2 = 11.4\,\text{m}$ und $v = v_0 - gt = -4.09\,\text{m/s},$ also im Abwärtsflug.

61

$$v = v_0 - gt = \frac{1}{4}v_0 \Rightarrow t = \frac{3v_0}{4g} = 0.306 \text{ s}$$

$$h = v_0 t - \frac{g}{2}t^2 = \frac{3{v_0}^2}{4g} - \frac{9{v_0}^2}{32g} = \frac{15}{16}\cdot\frac{{v_0}^2}{2g} = 0.765 \text{ m}$$

$$h_{\max} = \frac{{v_0}^2}{2g} = \frac{16}{15}h \Rightarrow h = \frac{15}{16}h_{\max}$$

62

a) $v_0 = \sqrt{2gh_0} = 5.60 \text{ m/s}$

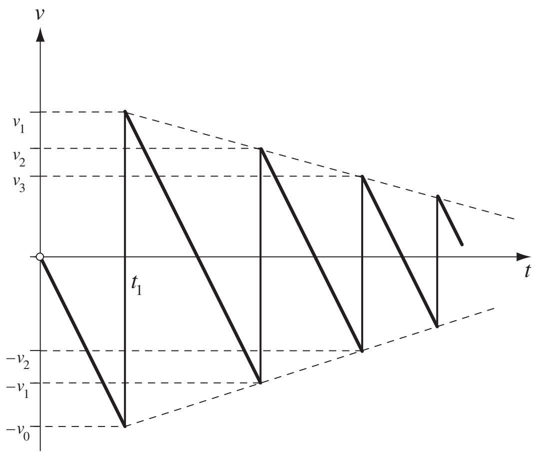
b) $t_1 = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = 0.571 \text{ s}$

c) $h_1 = \frac{{v_1}^2}{2g} = \frac{(\frac{3}{4}v_0)^2}{2g} = \frac{9}{16}h_0 = 90.0 \text{ cm}$

d) $t_2 = 2\sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \frac{3}{2}\sqrt{\frac{2h_0}{g}} = \frac{3}{2}t_1 = 0.857 \text{ s}$

e) $t_3 = 2\sqrt{\frac{2h_2}{g}}$ mit $h_2 = \frac{9}{16}h_1$, also $t_3 = \frac{3}{4}t_2 = 0.643 \text{ s}$

f)



g) Die Zeiten t_2, t_3, t_4 ... bilden eine geometrische Folge mit dem Quotienten $q = 3/4$. Ihre Summe ist

$$t_2 + t_3 + t_4 + ... = \frac{t_2}{1-q} = 4t_2 = 3.43 \text{ s}$$

Nach $t_{tot} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + ... = 4.00$ s kommt der Tennisball zum Stillstand.

Überlagerte Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit

63

a) Hinreise: 8 h 50 min (31'800 s); Rückreise: 7 h 40 min (27'600 s).
b) Die Hinreise erfolgt gegen den Wind, die Rückreise mit dem Wind.

$$\text{Aus } t_{\text{Hin}} = \frac{d}{v_{\text{Flugzeug}} - v_{\text{Jetstream}}} \text{ und } t_{\text{Rück}} = \frac{d}{v_{\text{Flugzeug}} + v_{\text{Jetstream}}} \text{ erhält man:}$$

$$v_{\text{Flugzeug}} = \frac{d}{2}\left(\frac{1}{t_{\text{Hin}}} + \frac{1}{t_{\text{Rück}}}\right); \quad 220 \text{ m/s } (792 \text{ km/h})$$

$$v_{\text{Jetstream}} = \frac{d}{t_{\text{Rück}}} - v_{\text{Flugzeug}} = \frac{d}{2}\left(\frac{1}{t_{\text{Rück}}} - \frac{1}{t_{\text{Hin}}}\right); \quad 15.6 \text{ m/s } (56.0 \text{ km/h})$$

64

Sei v_F die Geschwindigkeit des Flusses relativ zum Ufer und v_B die Geschwindigkeit des Bootes relativ zum Wasser. Mit *N* wird die Anzahl Pappeln und mit *d* deren Abstand bezeichnet.

$$v_B + v_F = \frac{N_{\text{Abwärts}} d}{t_{\text{Abwärts}}} \text{ und } v_B - v_F = \frac{N_{\text{Aufwärts}} d}{t_{\text{Aufwärts}}} \text{ ergeben}$$

$$v_B = \left(\frac{N_{\text{Abwärts}}}{t_{\text{Abwärts}}} + \frac{N_{\text{Aufwärts}}}{t_{\text{Aufwärts}}}\right)\frac{d}{2}; \quad 3.0 \text{ m/s}$$

$$v_F = \left(\frac{N_{\text{Abwärts}}}{t_{\text{Abwärts}}} - \frac{N_{\text{Aufwärts}}}{t_{\text{Aufwärts}}}\right)\frac{d}{2}; \quad 1.8 \text{ m/s}$$

65

a) $v = v_{\text{Zug}} - v_{\text{Fahrzeug}}$; 30 km/h; $v = v_{\text{Zug}} + v_{\text{Fahrzeug}}$; 250 km/h;

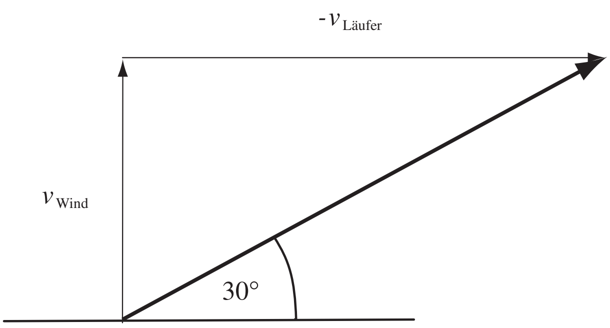
$$v = \sqrt{v_{\text{Zug}}^2 + v_{\text{Fahrzeug}}^2}; \quad 178 \text{ km/h}$$

b) $s = v\,t$; 41.7 m; 347 m; 247 m

66

Mittels Vektorparallelogramm lässt sich die Geschwindigkeit berechnen:

$$v_{\text{Wind}} = \frac{v_{\text{Läufer}}}{\sqrt{3}}; \quad 5.7 \text{ km/h}$$



Waagrechter Wurf

67

$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$;   0.71 s; $s = vt$;   7.9 m

68

a) Flugzeit $t_F = \sqrt{\frac{2h}{g}}$,   Flugweite $x_W = v_0 t_F$

Kuniberts Beschleunigung: $a = \frac{2x_W}{t_F^2} = 2v_0\sqrt{\frac{g}{2h}}$;   4.6 m/s^2

b) $v = 2v_0$;   8.0 m/s

69

a) Flugzeit $t_F = \sqrt{\frac{2h}{g}}$;   0.78 s

b) $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$;   8.2 m/s

c) $\tan\alpha = \frac{\sqrt{2gh}}{v_0}$;   70°

d) Es gilt: $y(t) = h - \frac{1}{2}gt^2$ und $x(t) = v_0 t$.

Eliminieren der Zeit *t* ergibt: $y(x) = h - \frac{g}{2v_0^2}x^2$

Es ist eine nach unten geöffnete Parabel mit dem Scheitelpunkt $(0\,|\,h)$.

70

a) Flugzeit $t_F = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, Flugweite x_W

$v_0 = \frac{x_W}{t_F} = x_W\sqrt{\frac{g}{2h}}$;   8.7 m/s

b) $\tan\alpha = \frac{v_0}{\sqrt{2hg}} = \frac{x_W}{2h}$;   51°

71

Mit der Flugzeit $t_F = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ist die Flugweite $x_W = v_0 t_F = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$;   14 m

72

a) Sei q das Verhältnis der Steighöhe zur Turmhöhe; also $q = 2/3$.
Dann gilt:

$h = \frac{x_w}{2\sqrt{q}}$; 12 m

b) Das Verfahren ist unabhängig von g und kann damit auch auf dem Mond oder auf dem Mars angewendet werden, ohne die dortige Fallbeschleunigung zu kennen.

73

a) Für den Volumenstrom gilt: $\frac{V}{t} = Av = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 v$

$v = \frac{4V}{\pi d^2 t}$; 1.3 m/s

b) Mit der Flugzeit $t_F = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ist die Flugweite $x_w = v_0 t_F = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$.

Für $x_w = h$ ist $h = \frac{2v_0^2}{g}$; 0.34 m

74

a) Für die Flugbahn gilt: $x = v_0 t$ und $y_{\text{Flug}} = -\frac{1}{2}gt^2$ und somit $y_{\text{Flug}} = -\frac{g}{2v_0^2}x^2$

Für den Hang oberhalb von K gilt: $y_{\text{Hang}} = ax + b$ mit $a = -\tan(35.1°)$. Der Achsenabschnitt b wird durch Einsetzen der Koordinaten von K ermittelt: $b = 12.87$ m.

Am Schnittpunkt gilt: $y_{\text{Flug}} = y_{\text{Hang}}$ und somit $-\frac{g}{2v_0^2}x^2 = ax + b$. Von den beiden Lösungen für x ist nur die grössere sinnvoll.
Der gesuchte Punkt ist $P = (68.1 \text{ m} \mid -35.0 \text{ m})$.

b) Die Sprungweite ist $120 \text{ m} - \sqrt{\left(K_x - P_x\right)^2 + \left(K_y - P_y\right)^2}$; 76.9 m

c) Offensichtlich bewirken die grossen Ski, der Spezialanzug und die Körperhaltung einen dynamischen Auftrieb in der Luft bei gleichzeitig geringem Luftwiderstand. So sind mit Luft wesentlich grössere Sprungweiten möglich als ohne.

Weitere Daten zur Schanze in Engelberg finden Sie unter: www.skispringen.com.

75

Es handelt sich um einen horizontalen Wurf. Das Weg-Zeit-Gesetz lautet:

$$\begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + y_0 \end{cases}$$

Sei T_N die Zeitdauer bis zum Netz und T_B bis zum Punkt B.

Nach den Angaben im Text folgen:

$$\begin{cases} \frac{s}{2} = v_0 T_N \\ y_N = -\frac{1}{2} g T_N^2 + y_0 \end{cases} \quad \text{und} \quad \begin{cases} s = v_0 T_B \\ 0 = -\frac{1}{2} g T_B^2 + y_0 \end{cases}$$

s = Länge des Tisches und y_N = Höhe des Netzes.
Aus den vier Gleichungen kann man T_N und T_B eliminieren.
So erhält man die folgenden Gleichungen:

$$\begin{cases} y_0 = y_N + \frac{1}{8} g \frac{s^2}{v_0^2} \\ y_0 = \frac{1}{2} g \frac{s^2}{v_0^2} \end{cases}$$

So ist $y_0 = \frac{4}{3} y_N$; 20 cm

Schiefer Wurf

76

a) Aus $y = v_0 \sin\alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 + y_0$ folgt mit dem Taschenrechner für die Flugzeit:

$t_1 = 5.61\,\text{s}$

$y_{\max} = v_0 \cos\alpha \cdot t_1$; 0.17 km

b) Die maximale Höhe wird erreicht, wenn die Funktion $y = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin\alpha \cdot t + y_0$ ihr Maximum besitzt.

Die Zeit, bei der die vertikale Geschwindigkeit null ist, berechnet sich aus:

$$v_y(t) = -gt + v_0 \sin\alpha = 0 \Rightarrow t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$$

Somit ist $y_{\max} = \dfrac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g} + y_0$; 44 m

77

Für die Flugweite gilt: $x_w = \dfrac{v_0{}^2 \sin 2\alpha}{g}$, für die Flugdauer $t = \dfrac{2v_0 \sin\alpha}{g}$

a) Also $\alpha = \dfrac{1}{2}\arcsin\left(\dfrac{x_w g}{v_0{}^2}\right)$; 30°

b) $t = \dfrac{2v_0 \sin\alpha}{g}$; 1.0 s

c) $y = \dfrac{(v_0 \sin\alpha)^2}{2g}$; 1.3 m

d) $\dfrac{v_0{}^2}{g}$; 10 m

78

Hochsprung: $t = 2\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$; 0.64 s

Bemerkung: Es handelt sich um einen Strecksprung, weil wieder am gleichen Ort gelandet wird.

Weitsprung: $t = \sqrt{\dfrac{2x_W \tan\alpha}{g}}$; 0.77 s

Hier sind sie also beim Weitsprung länger in der Luft.

79

Lösung: 1

$T = 0.4$ s und $y_0 = 1.7$ m

Das Weg-Zeit-Gesetz des schiefen Wurfes wird auf der vertikalen Achse angewendet:

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0y}t + y_0$$

Da $y(T) = 0$ folgt: $v_{0y} = \left(\dfrac{1}{2}gT^2 - y_0\right)\dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{2}gT - \dfrac{y_0}{T}$; –2.3 m/s

So war die Wurfbahn im Augenblick der Abgabe sinkend.

Lösung: 2

Die Wurfdauer beim freien Fall ist: $t = \sqrt{\dfrac{2y_0}{g}}$; 0.59 s

Da der Wurf weniger lang dauerte, muss der Ball beim Abwurf eine vertikale Geschwindigkeitskomponente nach unten gehabt haben.

80

$x = v_0 t \cos\alpha$, $0 = y_0 + v_0 t \sin\alpha - \frac{1}{2} g t^2$ aufgelöst nach x und t eliminiert.

Wurfweite $x = \dfrac{v_0 \cos\alpha}{g}\left(v_0 \sin\alpha + \sqrt{2gy_0 + (v_0 \sin\alpha)^2}\right)$

a)

α	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
x in m	21.7	21.9	22.0	22.1	22.2	22.2	22.2	22.3	22.2

Der optimale Abwurfwinkel beträgt 42°.

b)

α	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
x in m	9.98	10.0	10.0	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0	10.0

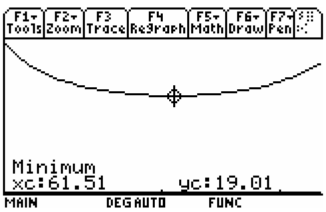
Der optimale Abwurfwinkel beträgt etwa 39°.

81

a) Es wird das Minimum von

$$v(\alpha) = \frac{\sqrt{gx}}{\cos\alpha\sqrt{2x\tan\alpha - 2y}}$$ mit y = 13 m und x = 20 m

gesucht.



Dies ergibt v_0 = 19 m/s und α = 62°

b) $v_y = v_0 \sin\alpha - gt = v_0 \sin\alpha - g\dfrac{x}{v_0\cos\alpha}$; –5.2 m/s

Der Schnellball hat also seinen Zenit überschritten und ist bereits wieder am Sinken.