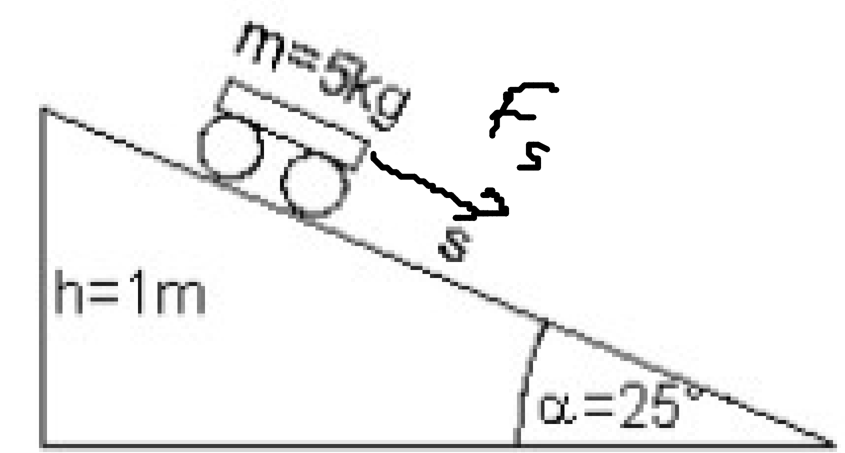
EF Ph G1 2015/16

1.1. Ein 4-Personen-Haushalt benötigt täglich (inklusive Heizung) rund eine Energie von 50 kWh (1 kWh sind 3600 kWs, also wieviel J?). Wie hoch müsste die Familie (250 kg) auf einen Berg klettern um sich dieselbe Energie zu erarbeiten?

1.2. Ein Zug bremst an einem kleinen Bahnhof, eine Person steigt ein. Dann beschleunigt er wieder. Schätze die minimalen Kosten der Deutschen Bahn für diesen Halt ab und vergleiche mit dem Preis der Fahrkarte.

(Hinweise: Ein Zug könnte 200 t wiegen und vielleicht 108 km/h fahren, eine Kilowattstunde vielleicht 20 Cent kosten, minimal heißt 100% Wirkungsgrad, also keine Verluste....)

1.3. Ein Wagen der Masse m = 5 kg rollt aus dem Stand eine um 25° geneigte Ebene reibungsfrei hinab. Berechne seine Geschwindigkeit, nachdem er einen Höhenunterschied h = 1m durchlaufen hat.



1.4. Vier gleiche Kugeln laufen aus dem Stand aus gleicher Höhe vier verschiedene Abhänge a bis d (siehe Bild) hinunter, am Abhang d auch aus

1.1. $50\,kWh = 1{,}8 \cdot 10^8\,J = E$

$E = mgh \Leftrightarrow h = \frac{E}{mg} = \frac{1{,}8 \cdot 10^8}{250 \cdot 9{,}81} \quad \frac{kg\,\cancel{\frac{m}{s^2}} \cdot m}{kg \cdot \cancel{\frac{m}{s^2}}} = 73400\ m$

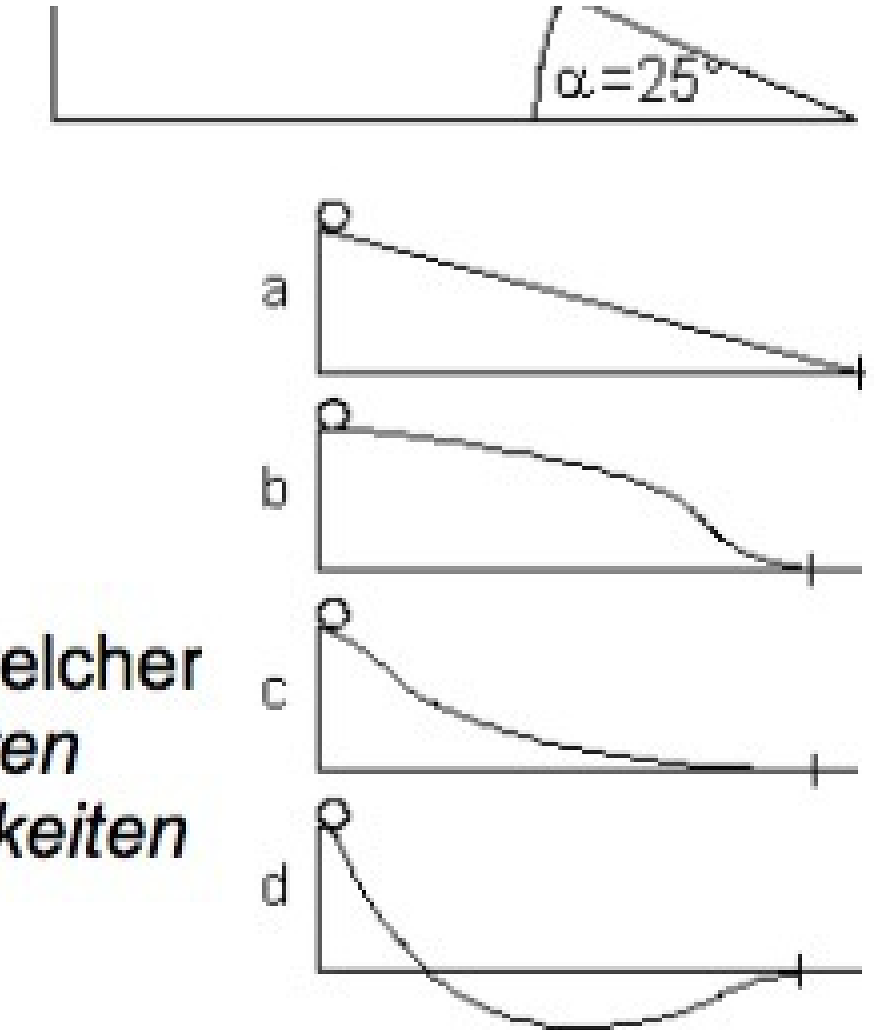
1.2. minimale Energie $= \frac{1}{2} m v^2 = 25\,kWh \mathrel{\hat{=}} 5\,€ \mathrel{\hat{=}}$ Zugfahrkarte für ca. 10 km

1.3. $F_s = F_G \cdot \sin\alpha$

$s = \frac{h}{\sin\alpha}$

$W = F_s \cdot s = F_G \cdot h = \frac{1}{2} m v^2 \Big\} \; v = \sqrt{2gh} = 4{,}4\,\frac{m}{s}$

1.4. Vier gleiche Kugeln laufen aus dem Stand aus gleicher Höhe vier verschiedene Abhänge a bis d (siehe Bild) hinunter, am Abhang d auch aus einer Mulde wieder hinauf. Die Reibung sei vernachlässigbar gering. Alle Bahnen seien gleich lang.



a) Vergleiche die Endgeschwindigkeiten der Kugeln am Ende ihres Weges miteinander. alle gleich ($mgh = \frac{1}{2} m v^2$)

b) Kommen die Kugeln zu unterschiedlichen Zeiten am Boden an? Wenn ja: in welcher Reihenfolge? *(Tipp: Schätze an einigen Stellen die Momentangeschwindigkeiten auf den vier Bahnen ab und „bestimme" daraus die Durchschnittsgeschwindigkeiten* $\overline{v}_i = \frac{s_i}{t_i}$ *, mit* $i = a, b, c, d$ *.)*

1. d
2. c
3. a
4. b

1.5. Ein Auto ($m = 900\,kg$) wird innerhalb von 22 s von 0 auf 100 km/h gleichmäßig beschleunigt. Bestimme die Momentanleistung zum Beschleunigen bei $t = 5\,s$ und $t = 11\,s$.

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{d(F \cdot s)}{dt} = F \cdot \frac{ds}{dt} = F \cdot v$$

($ds = s_2 - s_1$ unendlich klein)

$$P(5s) = m a\, v(5s) \qquad v(t) = a \cdot t$$

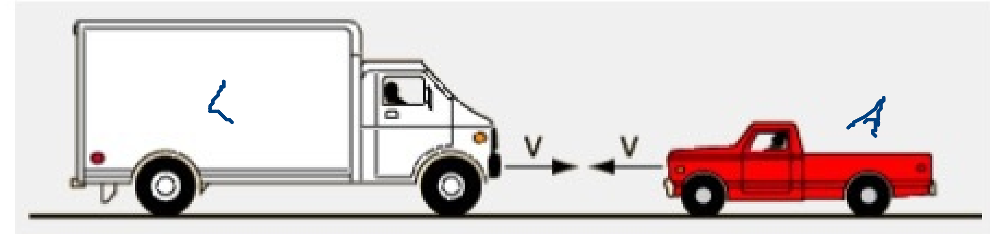
$$= m \cdot a^2 \cdot 5s \qquad a = \frac{100\,km/h}{22\,s} = \frac{100/3{,}6\,\frac{m}{s}}{22\,s} = 1{,}26\,m/s^2$$

$$= 900\,kg \cdot (1{,}26\,m/s^2)^2 \cdot 5s$$

$$\approx 7{,}2\,kW$$

$$P(11s) = 15{,}8\,kW$$

2.1. Zwei Lastwagen, ein schwerer mit der Masse M und ein leichter mit der Masse m, fahren mit gleichem Geschwindigkeitsbetrag aufeinander zu. Begründen Sie mit präzisen physikalischen Überlegungen, in welchem der beiden Fahrzeuge Sie auf keinen Fall sitzen wollten.



(Tipp: $F = m \cdot a$ ist ein Spezialfall von $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$; Δp und damit F ist die über die „Schwere des Unfalls" entscheidende Größe.)

2.2. Ein Güterwaggon der Masse $m_1 = 25t$ rollt ein 50 m langes, unter 2° gegen die Horizontale geneigtes Gleis hinab und stößt dann auf einen dort abgestellten, ruhenden Güterwaggon der Masse $m_2 = 18t$. Beim Anstoßen kuppeln beide Wagen zusammen und bilden eine Einheit.

a) Mit welcher Geschwindigkeit stößt der erste Waggon an den zweiten?

b) Mit welcher Geschwindigkeit rollen beide Waggons weiter?

2.3. Ein Meteor der Masse 2000 t trifft mit der Geschwindigkeit v = 500 km/s auf die Oberfläche des (ruhenden) Mondes. Die Mondmasse kann mit etwa 73 Trilliarden Tonnen angenommen werden. Berechnen Sie den beim Aufprall frei werdenden Energieverlust in Gigajoule (GJ).

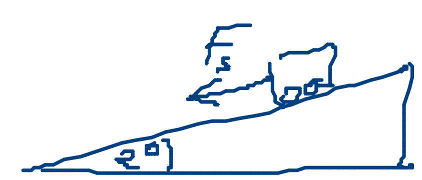
2.1. Annahme: inelastischer Stoß $\Rightarrow v' = \frac{Mv - mv}{M+m} = \frac{M-m}{M+m} \cdot v$

$$\Rightarrow \Delta p_L = Mv' - M \cdot v = M\left(\frac{M-m}{M+m} v - v\right) \approx (M - m - M)\, v = - m \cdot v$$

$$\Delta p_A = mv' + mv = m \frac{M-m}{M+m} v + mv \approx 2mv$$

2.2. a) $W = F_s \cdot s = F_G \cdot \sin\alpha \cdot s$

$$= \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2g \cdot s \cdot \sin\alpha} = 5{,}85\ \mathrm{m/s}$$



b) $v' = \frac{m_1 \cdot 5{,}85\ \mathrm{m/s} + 0}{m_1 + m_2} = 3{,}4\ \mathrm{m/s}$

2.3. inelast. Stoß: $v' = \frac{m \cdot v + 0}{m + M} \approx 0 \Rightarrow E'_{kin} = \frac{1}{2}(m+M) \cdot 0^2 = 0$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 + 0$$

$$\Rightarrow \Delta E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$$

$$= 2{,}5 \cdot 10^{17}\ \mathrm{J}$$

$$\hat{=}\ 2{,}5 \cdot 10^{8}\ \mathrm{GJ}$$

$$= 250\ \text{Million GJ}$$

Deine Aufgabe besteht darin, die Gleichungen für die Geschwindigkeiten beider Stoßpartner nach einem **elastischen** Stoß herzuleiten:

$$v_1{}'=\frac{m_1 v_1+m_2(2v_2-v_1)}{m_1+m_2} \quad bzw. \quad v_2{}'=\frac{m_2 v_2+m_1(2v_1-v_2)}{m_1+m_2}$$

1. Formuliere den Energieerhaltungssatz für die kinetischen Energien beider Stoßpartner vor und nach dem Stoß.

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

2. Formuliere den Impulserhaltungssatz für die Impulse beider Stoßpartner vor und nach dem Stoß.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

3. Forme die beiden Gleichungen so um, dass alle physikalischen Größen mit Index "1" auf der linken, alle mit Index "2" auf der rechten Seite der Gleichheitszeichen stehen.

3.b.F

$$\frac{1}{2} m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = \frac{1}{2} m_2 (v_2'^2 - v_2^2) \Leftrightarrow m_1 (v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = m_2 \ldots$$

$$m_1 (v_1 - v_1') = m_2 (v_2' - v_2)$$

4. Kombiniere die zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten (*"eindeutig lösbares lineares Gleichungssystem"*) derart, dass du eine Unbekannte durch die andere (und bekannte Parameter wie v_1 und v_2) ersetzen kannst.

$$v_1 + v_1' = v_2 + v_2'$$

$$\Leftrightarrow v_1' = v_2' + v_2 - v_1$$

5. Durch geschicktes Umformen erhälst du die erste Gleichung, durch Vertauschen der Indizes die zweite.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 (v_2' + v_2 - v_1) + m_2 v_2'$$

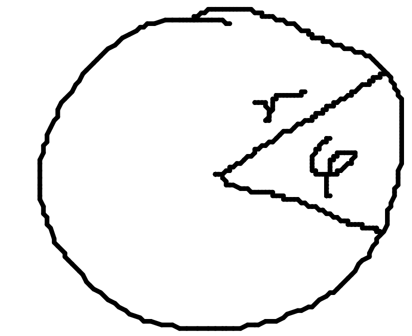
$$\Leftrightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 - m_1 v_2 + m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_2'$$

$$\Leftrightarrow \frac{m_1 (2 v_1 - v_2) + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} = v_2'$$

q.e.d.

v_1' entspr.

Winkelmaße und Bogenlängen



(im Bogenmaß!)

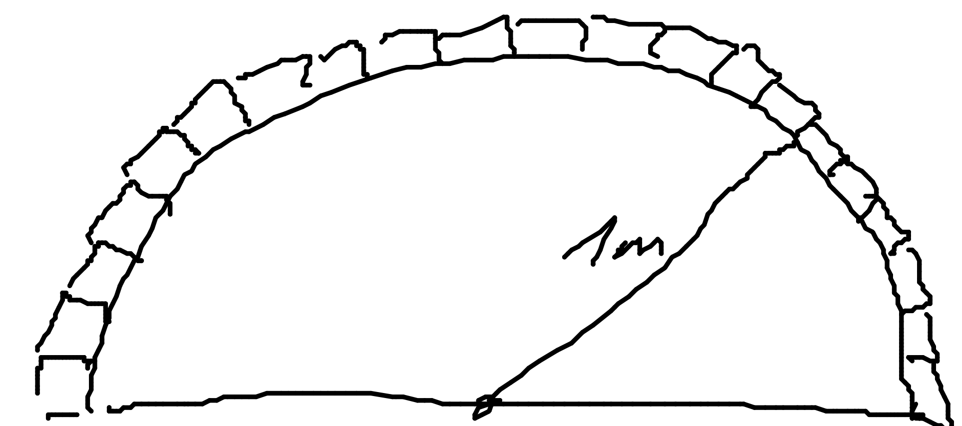
$\Delta s = \varphi \cdot r$

$$\frac{\alpha}{2\pi} = \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$$

$$\Leftrightarrow \alpha = 2\pi \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}$$

$$\Delta s = \underbrace{2\pi \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}}_{=\alpha \text{ im Bogenmaß}} \cdot r = \alpha \cdot r$$

Kreisbewegungen



Überstreicht der Radius zu einem Punkt auf der Kreisbahn in gleichen Zeitintervallen gleiche Winkel, spricht man von einer gleichförmigen Kreisbewegung.
Folgende Beziehungen sollte man kennen:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T}$$

$T =$ *Umlaufdauer (= Zeit für vollständigen Umlauf) = Periodendauer*

$f = \frac{1}{T}$ = Frequenz, $[f] = 1\,\text{Hz} = \frac{1}{s}$ (Hertz)

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ = *Winkelgeschwindigkeit*

$\Rightarrow v = \omega \cdot r$ = *Bahngeschwindigkeit*

(S. 97)

A1)

$T = 7 \cdot 0{,}12\,s = 0{,}84\,s$

$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = 1{,}2\,Hz$

$= 1{,}2\,/s$

in 60 s: $60 \cdot 1{,}2\,/min$

$= 71{,}42\,U/min$

$v = \frac{2\pi\, 0{,}6\,m}{0{,}84\,s} = 4{,}5\,m/s$

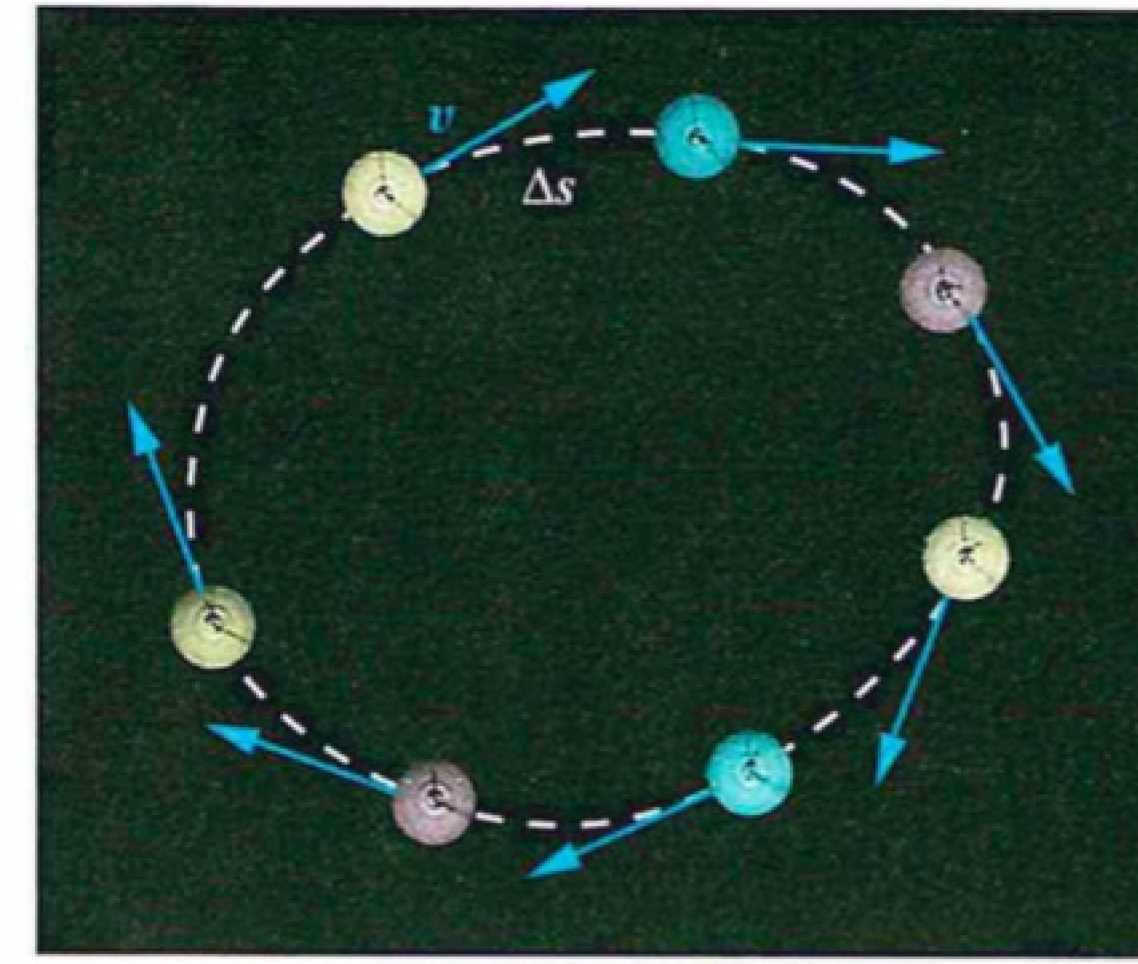
A2)

a) $v \approx 30\,km/s$

b) $v \approx$ über $1000\,km/h$

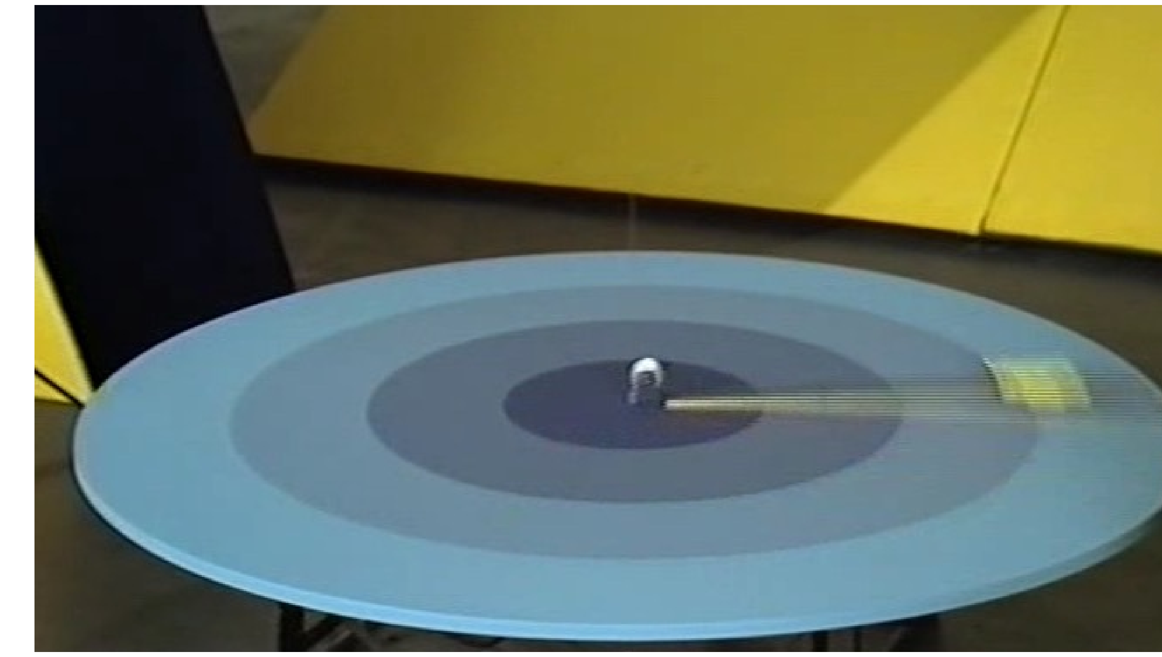
A1 Bestimmen Sie in → **B1** die Umlaufdauer T, die Umdrehungszahl pro Minute, die Drehfrequenz und die Geschwindigkeit des kreisenden Balls. Das Stroboskop blitzt im Abstand von 0,12 s, $r = 0{,}6$ m.

A2 **a)** Die Erde bewegt sich etwa auf einer Kreisbahn um die Sonne ($r = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ m). Bestimmen Sie ihre Geschwindigkeit. **b)** Die Erde ($r_E = 6370$ km) rotiert in ca. 1 Tag einmal um ihre Achse. Wie groß ist die Geschwindigkeit eines Punktes am Äquator, wie groß die Ihres Heimatortes?



B1 Stroboskopische Beleuchtung eines Balles, der an einer Schnur gleichmäßig im Kreis herum geschleudert wird.

Die Zentripetalkraft

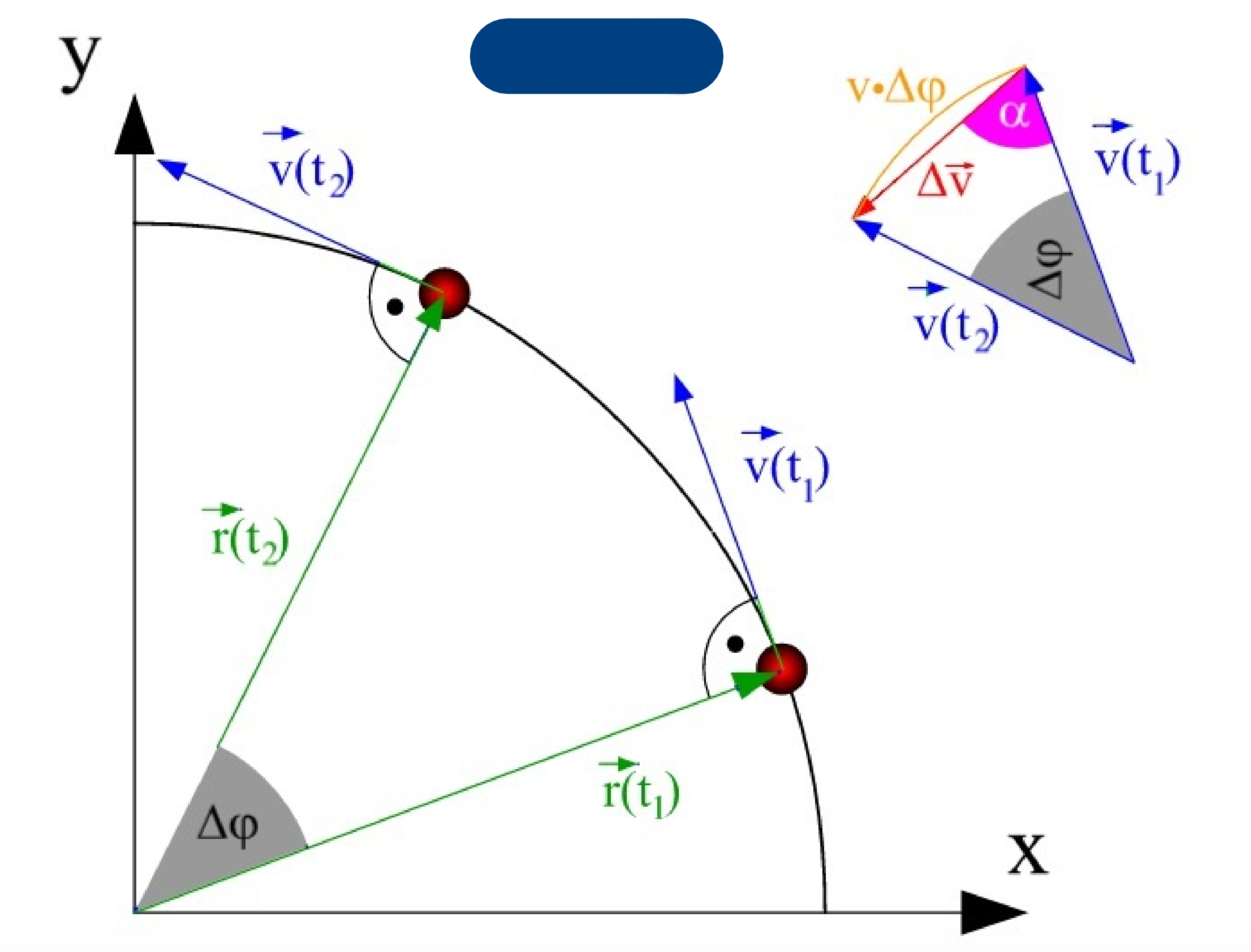


Ergebnis der Versuche (Telekolleg):

$$F_Z = F_R = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

Theoretische Herleitung:

http://physik.ernesti.org/Mechanik/arbeitsauftraege_rotation_10.html



$$\Rightarrow \Delta v \approx v \cdot \Delta\varphi$$

$$a_R = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{v \cdot d\varphi}{\Delta t} = v \cdot \omega$$

$$v = \underbrace{\frac{2\pi}{T}}_{\omega} r = \omega \cdot r \qquad \omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi}{T}$$

$$\Rightarrow a_R = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$$

$$\Rightarrow F_R = m \cdot a_r = m \omega^2 r = m \frac{v^2}{r}$$