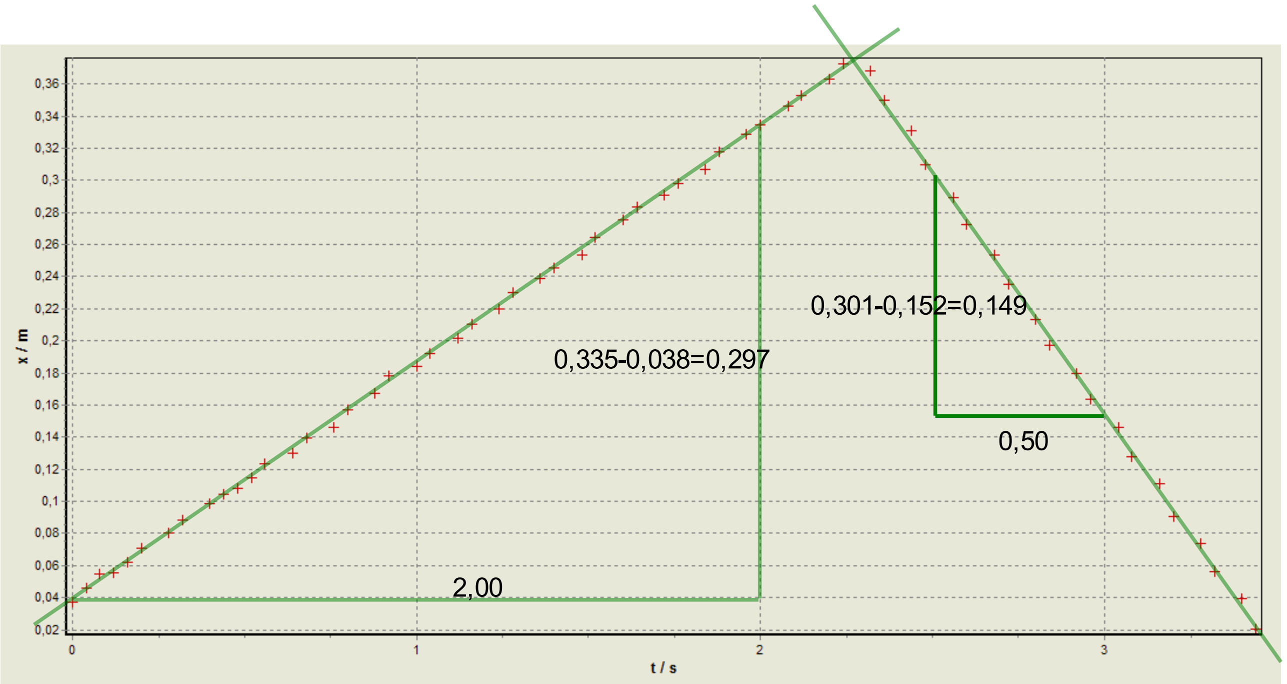
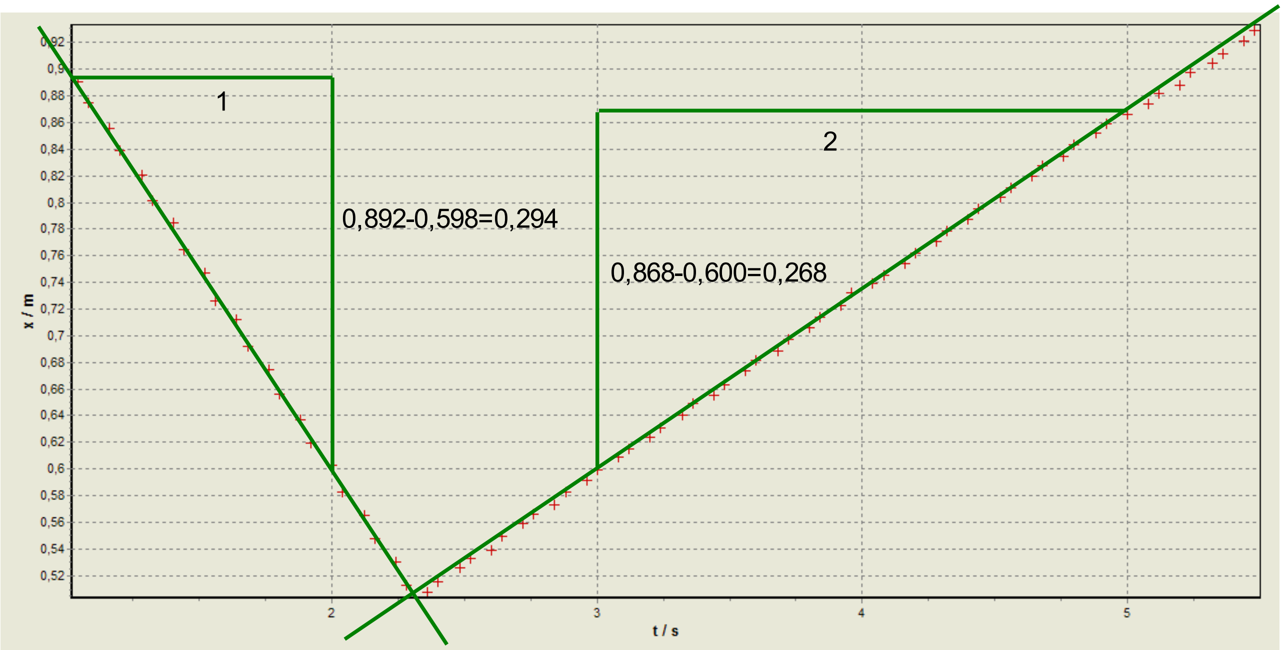
Lösung *Version 2007-12-27*

1 Zwei Wagen auf der waagrecht stehenden Luftkissenfahrbahn nähern sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten an,
stoßen zusammen und bewegen sich dann voneinander weg.
Die Auswertung mit Viana ergibt als t-x-Diagramm für den linken Wagen:

Waagrecht ist die Zeit in Sekunden abgetragen und senkrecht der Ort in Meter, wobei der Koordinatenursprung in der linken Seite des Bildes liegt.



Für den rechten Wagen ergibt sich folgendes Diagramm:



Die Zeiten sind in beiden Diagrammen identisch, die x-Werte beim Zusammenstoß sind unterschiedlich, weil jeweils in der Wagenmitte der Messpunkt gesetzt wurde.

a) Bestimmen Sie die Geschwindigkeiten der beiden Wagen jeweils vor und nach dem Stoß.

Die Steigungsdreiecke liefern folgende Ergebnisse:

linker Wagen vor dem Stoß: $v_{links-vor} = \frac{0{,}297}{2}\frac{m}{s} = 0{,}148\frac{m}{s}$

linker Wagen nach dem Stoß: $v_{links-nach} = \frac{0{,}149}{0{,}5}\frac{m}{s} = 0{,}298\frac{m}{s}$

rechter Wagen vor dem Stoß: $v_{rechts-vor} = \frac{0{,}294}{1}\frac{m}{s} = 0{,}294\frac{m}{s}$

rechter Wagen nach dem Stoß: $v_{rechts-nach} = \frac{0{,}268}{2}\frac{m}{s} = 0{,}134\frac{m}{s}$

b) Vergleichen Sie die Ergebnisse für die beiden Wagen und entwickeln Sie aus den Ergebnissen eine Gesetzmäßigkeit für elastische Zusammenstöße von Fahrzeugen identischer Bauart.

Die Geschwindigkeit des linken Wagens vor dem Stoß ist fast so groß wie die Geschwindigkeit des rechten Wagens nach dem Stoß und entsprechend ist
die Geschwindigkeit des linken Wagens nach dem Stoß fast so groß wie die Geschwindigkeit des rechten Wagens vor dem Stoß.

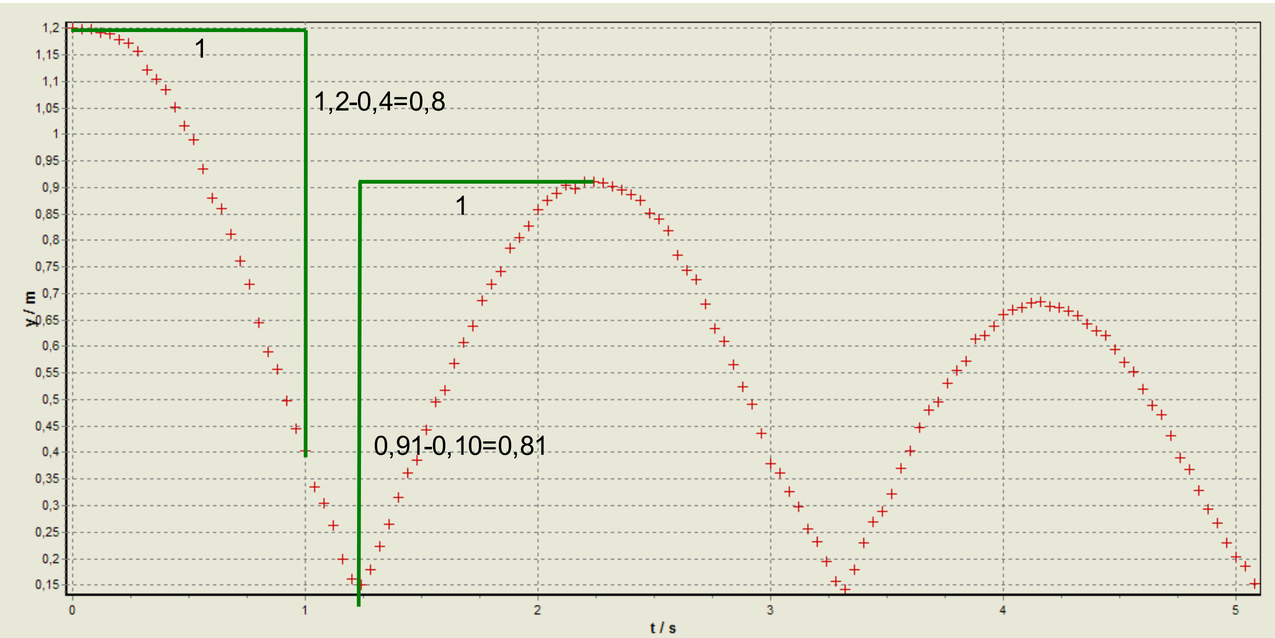
Die Geschwindigkeiten werden beim zentralen elastischen Stoß gleicher Massen also „ausgetauscht".

Anmerkung: Diese tatsächlich gültige Gesetzmäßigkeit kann natürlich nicht mit einem (diesem) Versuch belegt werden. Um sicher zu sein, müssten wesentlich mehr Versuche und vor allem auch theoretische Überlegungen durchgeführt werden.

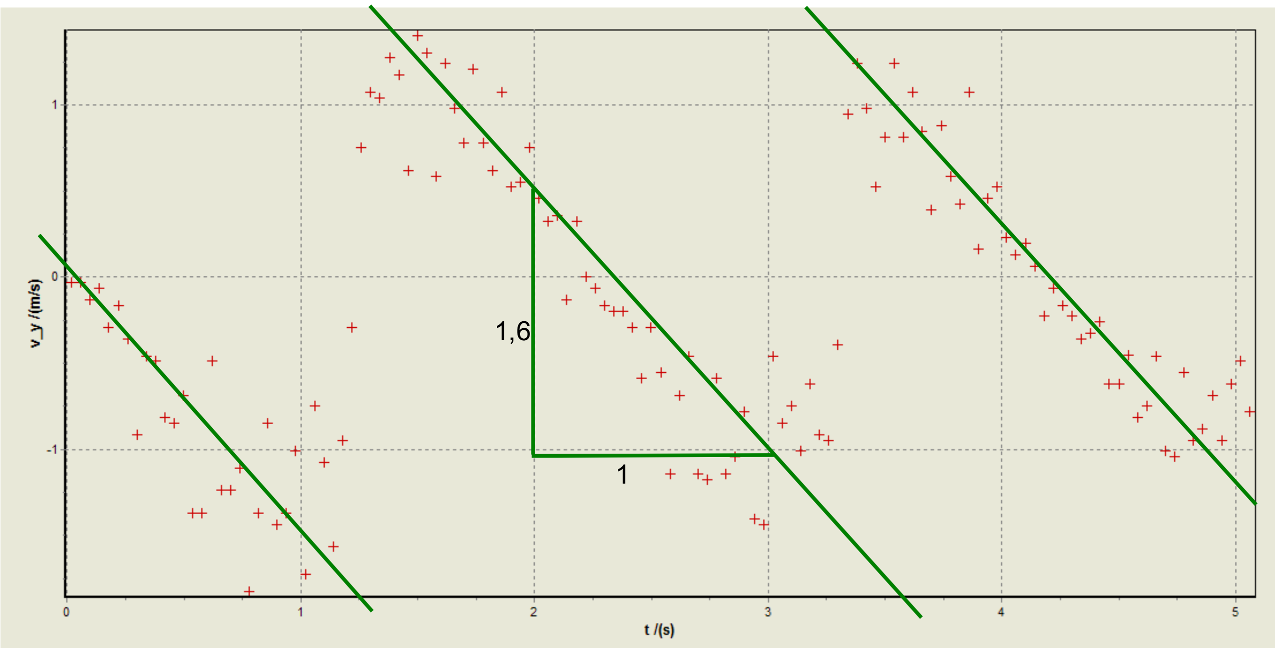
---

2 Ein aufgedrehtes Jojo wird aufgehängt und sich selbst überlassen. Der Vorgang wird im Video festgehalten und mit Viana ausgewertet. Es ergeben sich folgende Diagramme:

Zeit-Weg-Diagramm (waagrecht Zeit t, senkrecht Weg y)



Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm (waagrecht Zeit t, senkrecht Geschwindigkeit v_y in y-Richtung)



Bestimmen Sie aus einem der Diagramme den Wert der Beschleunigung des Jojos und überprüfen Sie Ihr Ergebnis mit Hilfe des anderen Diagramms. Beschreiben Sie kurz Ihr Vorgehen.

Man geht davon aus, dass die Bewegung gleichförmig beschleunigt ist (also konstante Beschleunigung).

t-s-Diagramm: Es muss das Weg-Zeit-Gesetz $s=\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ *gelten.*

Bei einer Normalparabel ändert sich der y-Wert um 1, wenn man vom Scheitel um 1 in x-Richtung geht.
Im Diagramm ändert sich der y-Wert aber um -0,8. Das bedeutet: $\frac{1}{2}\cdot a=-0{,}8 \;\rightarrow\; a=-1{,}6$

t-v-Diagramm: Es muss das Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz $v=a\cdot t$ *gelten.*
Die Steigung der Ausgleichsgeraden beträgt -1,6. Also gilt $a=-1{,}6$.
Beide Diagramme liefern also die gleiche Beschleunigung.

Die Fallbeschleunigung auf dem Mond beträgt auch $1{,}6\frac{m}{s^2}$ *. Wenn man das Jojo schwingen sieht, hat man also einen Eindruck davon, wie auf dem Mond der Sprung eines Menschen ablaufen würde.*

Viel Erfolg bei der Bearbeitung der Aufgaben!

3 Sie fahren mit der konstanten Geschwindigkeit $v=18\frac{km}{h}$ mit dem Fahrrad neben einem Fluss, auf dem Schiffe im Abstand von genau 600m in die gleiche Richtung wie Sie selbst fahren.
Die Geschwindigkeit aller Schiffe ist gleich. Sie sind mit dem Fahrrad schneller als die Schiffe.
Als Sie genau neben einem Schiff sind, schauen Sie auf die Uhr. Als Sie dann genau neben dem nächsten Schiff sind, sind genau 10 Minuten vergangen.
Berechen Sie die Geschwindigkeit der Schiffe.

Das Fahrrad fährt mit der Geschwindigkeit $v_{Fahrrad}$, die Schiffe mit v_{Schiff}.

Versetzt man sich in das Bezugssystem der Schiffe, fährt das Fahrrad mit der Geschwindigkeit $v_{Fahrrad}-v_{Schiff}$. Mit dieser Geschwindigkeit benötigt man für s=600 m die Zeit t=10 Minuten = 600 s.

Zur leichteren Rechnung formt man am besten die Geschwindigkeit des Fahrrades um:

$$v_{Fahrrad}=18\frac{km}{h}=\frac{18}{3{,}6}\frac{m}{s}=5\frac{m}{s}.$$

Es liegt eine geradlinig gleichförmige Bewegung vor, also gilt die Formel $s = v \cdot t$

$$s=(v_{Fahrrad}-v_{Schiff})\cdot t \rightarrow v_{Fahrrad}-v_{Schiff}=\frac{s}{t} \rightarrow v_{Schiff}=v_{Fahrrad}-\frac{s}{t}=5\frac{m}{s}-\frac{600\,m}{600\,s}=5\frac{m}{s}-1\frac{m}{s}=4\frac{m}{s}$$

Die Schiffe fahren also mit der Geschwindigkeit 4 m/s.

---

4 Ein Auto fährt mit $v=8\frac{m}{s}$ frontal gegen eine Mauer. Der Sicherheitsgurt des Fahrers stoppt den Körper des Fahrers auf einer Strecke von $s=10\,cm$ bis zum Stillstand ab (rechnen Sie mit konstanter Beschleunigung).

a) Berechnen Sie den Wert der Beschleunigung a und die Zeit t zwischen Aufprall und Stillstand.

Es gelten die Formeln für die beschleunigte Bewegung, aus denen man durch Herausrechnen von t auf den Wert von a kommt: $s = 10\text{ cm} = 0{,}1\text{ m}$

$$\left\{\begin{array}{c} s=\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 \\ v=a\cdot t \rightarrow t=\frac{v}{a}\end{array}\right\} \rightarrow s=\frac{1}{2}\cdot a\cdot\left(\frac{v}{a}\right)^2=\frac{v^2}{2\cdot a} \rightarrow a=\frac{v^2}{2\cdot s}=\frac{64}{2\cdot 0{,}1}\frac{m}{s^2}=320\frac{m}{s^2} \rightarrow t=\frac{v}{a}=\frac{8}{320}s=0{,}025\,s$$

Lösung: Beschleunigung $a=320\frac{m}{s^2}$ *; Zeit* $t=0{,}025\,s$ *Übrigens:* $v=8\frac{m}{s}=8\cdot 3{,}6\frac{km}{h}=28{,}8\frac{km}{h}$

b) Im Vergleich zur Erdbeschleunigung g ergibt sich für a ein so großer Wert, dass ein Mensch die Beschleunigung nicht aushalten könnte. Warum kann man dennoch im Auto (ohne Airbag) einen Aufprall mit der angegebenen Geschwindigkeit unbeschadet überstehen?

Es gilt: $a=320\frac{m}{s^2}=32\cdot 10\frac{m}{s^2}\approx 32\,g$. *Über einen längeren Zeitraum wäre diese Beschleunigung tödlich.*

Der tatsächliche Wert der Bechleunigung ist allerdings nicht ganz so groß, weil das Auto selbst nicht unmittelbar zum Stehen kommt, sondern wegen der Knautschzonen den Insassen einen weiteren Bremsweg zukommen lässt.

---

5 Zwei Schüler sollen einen Raum ausmessen.
Der Schüler, der die Breite misst, benutzt einen 1m langen Maßstab und misst bei jeder Teilmessung mit einem Fehler von $\pm 1\,cm$. Als Ergebnis erhält er für die Breite 6 m.
Der zweite Schüler misst die Länge mit einem genügend langen Maßband und macht bei nur einer einzigen notwendigen Messung einen Fehler von $\pm 2\,cm$. Er ermittelt eine Länge von 10 m.
Werden Breite und Länge multipliziert, erhält man die Fläche des Raumes.
Berechnen Sie, mit welchem prozentualen Fehler dieser Flächen-Wert behaftet ist.
Es muss deutlich werden, auf welchem Weg und mit welcher Rechnung Sie zum Ergebnis gekommen sind.

Breite: *6 Messungen zu je* $\pm 1\,cm$. *Die Messungen werden addiert, also addieren sich die Absolutwerte der Fehler. Der Gesamtfehler für die Breite beträgt also* $\pm 6\,cm$.

Länge: *Nur 1 Messung mit dem Fehler* $\pm 2\,cm$

Flächeninhalt: *Breite und Länge werden multipliziert, deshalb müssen die relativen Fehler addiert werden:*

$$\frac{6\,cm}{6\,m}+\frac{2\,cm}{10\,m}=\frac{0{,}06\,m}{6\,m}+\frac{0{,}02\,m}{10\,m}=\frac{0{,}6}{60}+\frac{0{,}12}{60}=\frac{0{,}72}{60}=\frac{0{,}12}{10}=\frac{1{,}2}{100}=1{,}2\,\%$$

Der Fehler bei der Flächeninhaltsbestimmung beträgt also 1,2%.

---

6 Der Planet Mars hat zwei Monde: Phobos und Deimos.
Mars dreht sich in ca. 24 Stunden einmal um sich selbst.
Phobos und Deimos fliegen um den Mars herum in derselben Richtung, in der sich der Mars um sich selbst dreht.
Phobos braucht für einen Umlauf um den Mars ca. 8 Stunden, Deimos braucht ca. 32 Stunden.
Angenommen, Sie würden in einer Marsstation leben.

a) Wenn Sie die Bewegung der Marsmonde von der Erde aus und von der Station aus betrachten, ergibt sich ein eigenartiger Unterschied. Benennen und begründen Sie diesen Unterschied.

Von der Erde aus gesehen drehen sich die beiden Monde in gleicher Richtung um den Mars, vom Mars aus gesehen bewegen sie sich aber in entgegengesetzter Richtung. Das kommt daher, dass Phobos schneller ist als die Drehung des Mars und der Marsbeobachter dem Phobos hinterher schaut. Deimos dagegen dreht sich langsamer als Mars und bleibt deshalb hinter dem Beobachter zurück.

b) Zusatzaufgabe (es kann nur Pluspunkte geben!): Berechnen Sie, für welchen Zeitraum jeder der Monde für Sie durchgehend sichtbar wäre (Annahme: Zeitraum zwischen Aufgang und Untergang ist gleich dem Zeitraum zwischen Untergang und Aufgang der Monde).

An einem Marstag hat Phobos den Mars 3-mal umrundet (3 · 8 = 24), also 2-mal mehr als sich der Mars gedreht hat. Man sieht vom Mars aus also 2 volle Umläufe, die jeweils 12 Stunden dauern.
Phobos ist also immer 6 Stunden zu sehen und dann 6 Stunden nicht zu sehen.

Deimos umrundet Mars in 96 Stunden 3-mal (3 · 32 = 96).
Mars selbst dreht sich in der Zeit 4-mal (4 · 24 = 96), also 1-mal mehr als Deimos.
Vom Mars aus sieht man also Deimos in 96 Stunden 1-mal auf- und untergehen.
Deimos ist also immer 48 Stunden lang zu sehen und dann 48 Stunden lang nicht zu sehen.

Formeln: $s=v\cdot t$ $s=\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $v=a\cdot t$ $a=\dot{v}=\ddot{s}$