Physik GK 11, Klausur 01 – Kinetik – Lösung **18.10.2011**

Aufgabe 1: Bewegungstypen

1.1 Erkläre, warum die geradlinige, gleichförmige Bewegung ein Spezialfall für eine geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist.

- die geradlinige, gleichförmige Bewegung ist eine geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit Beschleunigung $a_0 = 0$.

Allgemeine Form der gleichmäßig beschleunigten Bewegung $s(t) = \frac{1}{2} a_0 t^2 + v_0 t + s_0$

Mit $a_0 = 0$: $s(t) = v_0 t + s_0$ Dies ist die geradlinige, gleichförmige Bewegung.

1.2 Benenne je eine Bewegungssituation für
- eine geradlinige, gleichförmige Bewegung,
- eine geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung
- eine Kombination aus beiden Typen.

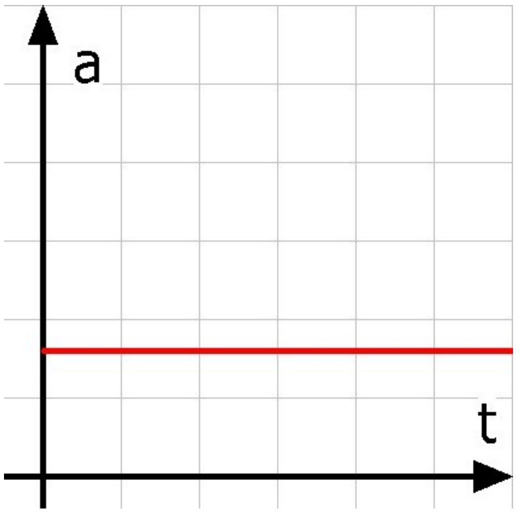
Zum Beispiel:

- geradlinig, gleichförmig: Satellit im Weltall / Grenzgeschwindigkeit beim freien Fall mit Reibung
- geradlinige, gleichmäßig beschleunigt: Freier Fall / Auto mit konstanter Beschleunigung
- Kombination: Waagerechter Wurf, Schräger Wurf

1.3 Erkläre, warum die gleichförmige Kreisbewegung (bspw. die Bewegung der Erde um die Sonne) keine gleichförmige Bewegung im Sinne von Aufgabe 1.1 oder 1.2 ist, sondern eine beschleunigte Bewegung ist.

Zwar ändert sich nicht der Betrag der Geschwindigkeit, wohl aber die Richtung. Also ist $\dot{\vec{v}} \neq 0$

1.3.1 Skizziere ein Beschleunigungs-Zeit-Diagramm für die gleichförmige Kreisbewegung.



<u>Aufgabe 2:</u> Ein ungleiches Wettrennen

Knut, ein passionierter Radfahrer, wettet mit seinem Arbeitskollegen Marcus, der lieber Auto fährt: “Ich wette, ich kann dich in einem Wettrennen über 100m besiegen, wenn ich mit meinem Fahrrad antrete und du darfst in deinem Wagen fahren”.
“Das ist ja Quatsch”, sagt Marcus, “das schaffst du nie. Mein Golf ist zwar alt und nicht sehr schnell, aber er fährt von 0 auf 100 km/h in nur 13,89 Sekunden. Von mir aus darfst du sogar Anlauf nehmen”.
So geschieht es auch. Knut steigt auf sein Fahrrad und überquert die Startlinie bereits mit seiner Höchstgeschwindigkeit von 34,2 km/h. Da er sehr durchtrainiert ist, kann er diese über die gesamte Strecke beibehalten.
Marcus steht an der Startlinie und gibt Gas, sobald Knut die Startlinie überquert. (Wir nehmen an, dass Marcus' Golf gleichmäßig beschleunigt.)

<u>2.1</u> Zeige, dass die Beschleunigung des Golf 2 m/s^2 beträgt! (gerundet)

$$v=a\cdot t\Leftrightarrow \mathbf{a}=\frac{v}{t}=\frac{100\,km/h}{13{,}89\,s}=\frac{27{,}78\,m/s}{13{,}89\,s}=\mathbf{2\,\frac{m}{s^2}}$$

<u>2.2</u> Berechne die zurückgelegten Strecken von Knut und Marcus 3 Sekunden nach Start.

Knut: geradlinige, gleichförmige Bewegung

$$s(t)=v_0\cdot t=34{,}2\,\frac{km}{h}\cdot t=9{,}5\,\frac{m}{s}\cdot t\ \ ;\ \ \mathbf{s(3\,s)}=9{,}5\,\frac{m}{s}\cdot 3\,s=\mathbf{28{,}5\,m}$$

Marcus: geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung

$$s(t)=\frac{1}{2}a_0t^2=\frac{1}{2}2\,\frac{m}{s^2}\cdot t^2=1\,\frac{m}{s^2}\cdot t^2;\ s(3\,s)=1\,\frac{m}{s^2}\cdot(3\,s)^2=\mathbf{9\,m}$$

<u>2.3</u> Berechne den Zeitpunkte für beide Fahrer, zu dem sie die Ziellinie überqueren.

Knut: $\mathbf{t_1}=\frac{\Delta s}{\Delta v}=\frac{100\,m}{9{,}5\,\frac{m}{s}}=\mathbf{10{,}53\,s}$

Marcus: $s=\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2\Rightarrow t_2^2=2\,\frac{s}{a}\Rightarrow t_2=\sqrt{2\,\frac{s}{a}}\Rightarrow \mathbf{t_2}=\pm\sqrt{\frac{2\cdot 100\,m}{2\,\frac{m}{s^2}}}=\pm\sqrt{100\,s^2}=\mathbf{\pm 10\,s}$

Das negative Ergebnis ist physikalisch unplausibel. Also $t_2=10\,s$

A: Marcus überquert die Ziellinie nach 10 s, Knut überquert die Ziellinie 0,53 s später.

<u>2.4</u> Berechne die Geschwindigkeit für beide Fahrer beim Überqueren der Ziellinie (in km/h).

A: Da Knuts Geschwindigkeit konstant ist, beträgt sie auch im Ziel 34,2 km/h bzw. 9,5 m/s

Marcus: $v=a\cdot t=2\,\frac{m}{s^2}\cdot 10\mathrm{s}=20\,\frac{m}{s}=72\,\frac{km}{h}$ **A: Marcus Geschwindigkeit beträgt im Ziel 20 m/s bzw. 72 km/h.**

<u>2.5</u> Berechne den Zeitpunkt und den Ort, wenn Knut überholt wird.

Formeln gleich setzen:

$$s(t_ü)=v_1 \cdot t_ü$$
$$s(t_ü)=\frac{1}{2} \cdot a_2 \cdot t_ü^2$$
$$\Rightarrow v_1 \cdot t_ü=\frac{1}{2} \cdot a_2 \cdot t_ü^2$$
$$9{,}5\frac{m}{s} \cdot t_ü=1\frac{m}{s^2} \cdot t_ü^2$$
$$1\frac{m}{s^2} \cdot t_ü^2-9{,}5\frac{m}{s} \cdot t_ü=0 \Rightarrow t_{ü1/2}=4{,}75\frac{m}{s} \pm \sqrt{\left(4{,}75\frac{m}{s}\right)^2}$$

Die erste Lösung t = 0 ist trivial. Also $t_ü=9{,}5\,s$

Einsetzen in eine der beiden Gleichungen für $s_ü$

$$s_ü=s(t_ü)=9{,}5\frac{m}{s} \cdot t=9{,}5\frac{m}{s} \cdot 9{,}5\,s=90{,}25\,m$$

Knut wird nach 9,5 Sekunden bei Meter 90,25 von Marcus überholt.

<u>Aufgabe 3:</u> Bewegungsexperiment

Ein talentierter Physikkurs untersucht eine beschleunigte Bewegung (privater Raketenwagen des Lehrers). Die Schüler und Schülerinnen messen jeweils den nach einer bestimmten Zeit zurückgelegten Weg. Die folgende Messreihe ist das Ergebnis ihrer Bemühungen.

Zeit t in s	0	2	4	6	8
Weg s in m	0	9,6	76,8	259,2	614,4

Weise nach, dass es sich nicht um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung handelt.

Bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung gilt: $s=\frac{1}{2}a\,t^2 \Leftrightarrow a=\frac{2s}{t^2}=konstant$

Test: $a_1=\frac{2 \cdot 9{,}6\,m}{(2\,s)^2}=\frac{9{,}6\,m}{2\,s^2}=4{,}8\,m/s^2$ $a_2=\frac{2 \cdot 76{,}8\,m}{(4\,s)^2}=\frac{76{,}8\,m}{8\,s^2}=9{,}6\,m/s^2$

$a_1 \neq a_2$ q.e.d.

<u>Aufgabe 4:</u> Raumschiff

Die Relativitätstheorie zeigt, dass kein Körper mit einer Ruhemasse die Lichtgeschwindigkeit erreichen kann. In dieser Aufgabe ignorieren wir diese Erkenntnis und berechnen die Bewegungen rein klassisch.

<u>**4.1**</u> Berechne die Zeit, die ein Raumschiff mit konstant $a_0 = 1\,g = 9{,}81\,m\,s^{-2}$ beschleunigen müsste, um die Lichtgeschwindigkeit von $c = 2{,}998 \cdot 10^8\,m\,s^{-1}$ zu erreichen?

$$v = a\,t \Leftrightarrow \boldsymbol{t} = \frac{v}{a} = \frac{2{,}998 \cdot 10^8\,m/s}{9{,}81\,m/s^2} = 30{,}56 \cdot 10^6\,s = \mathbf{353{,}7\,d}$$

A: Es dauert weniger als ein Jahr, bis die Lichtgeschwindigkeit erreicht wäre.

<u>**4.2**</u> Berechne die zurückgelegte Strecke in dieser Zeit.

$$s = \frac{1}{2} a\,t^2 = \frac{1}{2} 9{,}81\,m/s^2 \cdot (30{,}56 \cdot 10^6\,s)^2 = 4{,}58 \cdot 10^{15}\,m = 0{,}48\,ly$$

A: In dieser Zeit würde das Raumschiff etwa ein halbes Lichtjahr zurücklegen.

<u>Aufgabe 5:</u> Canyon

Am Rande eines Canyons wirft ein Besucher einen Stein in horizontaler Richtung in die Schlucht. Der Stein prallt 40 m von der Lotrechten entfernt auf dem 120 m tiefer liegenden Grund der Schlucht auf.

<u>**5.1**</u> Berechne die Geschwindigkeit des Steins beim Abwurf.

Es handelt sich um einen waagerechten Wurf aus 120 m Höhe mit der Wurfweite 40 m.
Wurfzeit ist die Zeit des freien Falls aus $h = 120\,m$

$$s = \frac{1}{2} g\,t^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2\,s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 120\,m}{9{,}81\,m/s^2}} = 4{,}95\,s$$

Die Bewegung in x-Richtung ist eine geradlinige, gleichförmige Bewegung. In 4,95 s legt der Stein 40 m zurück.

$$s = v_x \cdot t \quad \Leftrightarrow \quad \boldsymbol{v_x} = \frac{s}{t} = \frac{40\,m}{4{,}95\,s} = 8{,}09\,\frac{m}{s} = \mathbf{29{,}11\,km/h}$$

A: Der Stein hat eine Abwurfgeschwindigkeit von etwa 29 km/h.

<u>**5.2**</u> Berechne die Geschwindigkeit des Steins beim Aufprall auf den Schluchtboden.

Vertikale Geschwindigkeit: $v_y = g\,t = 9{,}81\,m/s^2 \cdot 4{,}95\,s = 48{,}52\,m/s$

Es gilt $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y \;\Rightarrow\; v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 49{,}19\,m/s = 177{,}09\,km/h$

A: Die Aufprallgeschwindigkeit beträgt 177 km/h.

5.3 Berechne die Zeit nach Abwurf, nach welcher der Besucher den Aufprall hört. (Schallgeschwindigkeit $c=340\,m/s$)

Der Aufprall findet 4,95 s nach Abwurf statt. Der Abstand vom Aufprallort zum Abwurfort beträgt:
$d=\sqrt{(120\,m)^2+(40\,m)^2}=126{,}49\,m$

Der Schall bewegt sich geradlinig, gleichförmig: $s=v\,t \;\Leftrightarrow\; t=\frac{s}{v}=\frac{126{,}49\,m}{340\,m/s}=0{,}3720\,s$

0,37 s nach dem Aufprall hört der Werfer den Aufprall, also $4{,}95\,s+0{,}37\,s=5{,}32\,s$ nach dem Abwurf.

A: 5,3 s nach dem Abwurf hört der Werfer den Aufprall.

Aufgabe 6: Gartenschlauch

Ein Tropfen Wasser braucht für die Durchquerung eines eines Gartenschlauch der Länge $l=10\,m$ eine Sekunde. Der Schlauch wird in einer Höhe von $h_0=1\,m$ über dem Boden gehalten.

6.1 Der Schlauch wird senkrecht nach oben gehalten. Berechne die Flugdauer eines Wassertropfen, bis er den Boden berührt.

Die Abwurfgeschwindigkeit eines Wassertropfens ist $v=\frac{s}{t}=\frac{10\,m}{1\,s}=10\,m/s$

Steigzeit: $t_E=\frac{v_0}{g}\sin(\alpha)=\frac{v_0}{g}\cdot 1=\frac{10\,m/s}{9{,}81\,m/s^2}=1{,}02\,s$

Steighöhe ab Schlauchhöhe: $y_s=\frac{v_0^2}{2g}\sin^2\alpha=\frac{v_0^2}{2g}\cdot 1=\frac{100\,m^2}{2\cdot 9{,}81\,m/s^2}=5{,}10\,m$

Fallzeit aus 6,10 m Höhe: $s=\frac{1}{2}g\,t^2\Leftrightarrow t=\sqrt{\frac{2s}{g}}=\sqrt{\frac{2\cdot 6{,}10\,m}{9{,}81\,m/s^2}}=1{,}11\,s$

Gesamtzeit: $\boldsymbol{t}=1{,}02\,s+1{,}11\,s=\mathbf{2{,}13\,s}$

A: Der Tropfen berührt nach 2,13 s den Boden.

6.2 Der Schlauch wird unter einem Winkel von 30° gegen die Horizontale gehalten. Berechne die Entfernung von der haltenden Hand, wenn der Wasserstrahl den Boden erreicht.

Berechnung des horizontalen Abstands mit der Bahnkurve $s_y=-\frac{g}{2\cos^2(\alpha)v_0^2}s_x^2+v_0\tan(\alpha)\,s_x$

Gesucht ist s_x für $s_y=-1\,m$

$$-1\,m=-\frac{g}{2\cos^2(\alpha)v_0^2}s_x^2+v_0\tan\alpha(s_x) \quad |\ +1\,m$$

$$\Leftrightarrow\ -\frac{g}{2\cos^2\alpha\, v_0^2}s_x^2+\tan(\alpha)s_x+1\,m=0 \quad | \cdot\left(-\frac{2\cos^2(\alpha)v_0^2}{g}\right)$$

$$\Leftrightarrow\ s_x^2-\frac{2\cos^2(\alpha)v_0^2\cdot\tan(\alpha)}{g}s_x-\frac{2\cos^2(\alpha)v_0^2}{g}=0$$

p-q-Formel:

$$x_{1/2}=\frac{\cos^2(\alpha)v_0^2\cdot\tan(\alpha)}{g}\pm\sqrt{\left(\frac{-\cos^2(\alpha)v_0^2\cdot\tan(\alpha)}{g}\right)^2-\frac{2\cos^2(\alpha)v_0^2}{g}}$$

$$\Rightarrow x_1=10{,}31\,m\ \ ;\ \ x_2=-1{,}48\,m$$

Der zweite Wert ist physikalisch unplausibel.

Abstand $\boldsymbol{d=\sqrt{s_x^2+s_y^2}=10{,}36\,m}$

A: Der Abstand zum Auftreffpunkt beträgt 10,36 m.

<u>6.3:</u> Berechne, ob sich mit dem Wasserstrahl eine Katze verjagen lässt, die in 10 m Höhe in einem Baum sitzt.

A: Nein, denn die maximale Wurfhöhe wird beim senkrechten Wurf nach oben erreicht, und damit schafft man nur 6,1 m (siehe Aufgabe 6.1)