

Klassische Physik 1

Johannes Blümer

WS 2014/15

V6
6.11.14

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



$$\hookrightarrow \vec{v}(t) = \int \vec{a}(t) \cdot dt = \begin{pmatrix} \int a_x dt \\ \int a_y dt \\ \int a_z dt \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_{0x} \\ v_{0y} \\ v_{0z} - gt \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_{0x} \\ 0 \\ v_{0z} - gt \end{pmatrix}$$

↪ nochmal integrieren von $\vec{v}(t) \Rightarrow \vec{r}(t)$

$$\vec{r}(t) = \int \vec{v}(t) dt = \begin{pmatrix} v_{0x} \cdot t + \boxed{x_0} \\ 0 + \boxed{y_0} \\ v_{0z} \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 + \boxed{z_0} \end{pmatrix} \quad \leftarrow **$$

integr. konst. !!!

≡ hier 0

$$= \begin{pmatrix} v_{0x} t \\ 0 \\ v_{0z} t - \frac{1}{2}gt^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \equiv 0 \\ z(t) \end{pmatrix}$$

*

6.11.14 Einfacher Sonderfall: $h=0$

„Aufschlag“: Fallzeit? Reichweite?
 $z=0$ t_1 $x_1 = x(t_1)$

* $\hookrightarrow v_{0z} t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 = 0$

$$t_1 = \frac{2v_{0z}}{g} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \rightarrow \text{maximal f\"ur } \sin \alpha \rightarrow 1$$

d.h. f\"ur $\alpha = 90^\circ$

Reichweite: $x_1 = x(t=t_1) = v_{0x} t_1 = v_{0x} \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

$v_0 \cdot \cos \alpha$

$$x_1 = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} \underbrace{2 \cos \alpha \sin \alpha}_{= \sin 2\alpha}$$

$$x_1 = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha \rightarrow \text{maximal f\"ur } \sin 2\alpha = 1$$

d.h. f\"ur $\alpha = 45^\circ$
 $x_1^{\max} = v_0^2 / g$

Senkrechter freier Fall: $\alpha = -90^\circ$ $\vec{v}_0 = 0$ $\downarrow$ Fallstrecke

Zeit bis zum Aufschlag $z(t) = -h$

$$-\frac{1}{2}gt^2 = -h \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Kreis- und Drehbewegungen

Umlenkrolle $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| \quad \vec{v}_2 \perp \vec{v}_1$

Skizze glm. Kreisbewegung

Δs 'auf dem Kreisbogen'

$\Delta \varphi$ klein!

$$\Delta t \rightarrow 0, dt \rightarrow \Delta s \approx \Delta \vec{r} \rightarrow d\vec{r}$$

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta s}{R} \approx \frac{\Delta v}{R} = \frac{\Delta v}{v} \quad \Delta s = v \Delta t$$

$$\frac{v \Delta t}{r} = \frac{\Delta v}{v} \rightarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{R} \rightarrow \boxed{\frac{dv}{dt} = \dot{v} = a_z = v^2/R}$$

a_z Zentripetalbeschleunigung

$$\vec{a}_z(t) \perp \vec{v}(t) \quad |\vec{v}| = \text{const} \\ |\vec{a}_z| = \text{const.}$$

Winkelgeschwindigkeit:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi} = \omega$$

glm Kreisbew. $\therefore \omega = \underline{\text{const}} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$

T Umlaufzeit

mittl. Bahngeschwindigkeit $v = \frac{2\pi R}{T} = \omega \cdot R$

momentane - " -

$$v(t) = \omega(t) r(t)$$

d.h. Beweg. ist nicht
auf Kreisbew. beschränkt

Beispiele f. glm. Kreisbewegung

Erddrotation: $r_E \approx 6400 \text{ km}$ $T = 1^d = 86400 \text{ s}$

$$a_z = v^2 / r_E = (2\pi r_E / T)^2 / r_E$$
$$= 4\pi^2 r_E / T^2 \rightarrow 2.6 \text{ cm/s}^2$$

vgl a_z mit $g = 981 \text{ cm/s}^2$

Äquator!

$$a_z(\text{Pol}) = 0$$

T für niedrige Satelliten? $h = 200 \text{ km}$
Ann. $a = \text{const} \dots T = 85 \text{ min}$

Winkelgeschwindigkeit als Vektor:
 $\vec{r}$ nach P, $\vec{v}$ spannen eine Ebene auf

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt} (v \cdot \hat{e}_t) \quad \hat{e}_t \text{ Tangente}$$

$$= \frac{dv}{dt} \hat{e}_t + v \frac{d\hat{e}_t}{dt}$$

$\perp$ zu $\hat{e}_t$
 $\hookrightarrow \hat{e}_N$ Normal
 einh. v.

$L = 0$ für glm. Bewegung

$$\vec{a} = v \frac{d\hat{e}_t}{dt} : \vec{a} \perp \vec{v} \quad \hat{e}_t^2 = 1$$

$$2 \hat{e}_t \cdot \frac{d\hat{e}_t}{dt} = 0$$

$\vec{v}, \hat{e}_t$ drehen

sich mit $\omega = d\varphi/dt$

$\perp \perp$ beide nicht $\emptyset$

$$\hat{e}_t \perp \frac{d\hat{e}_t}{dt}$$

Tangential- und Normalkomponente

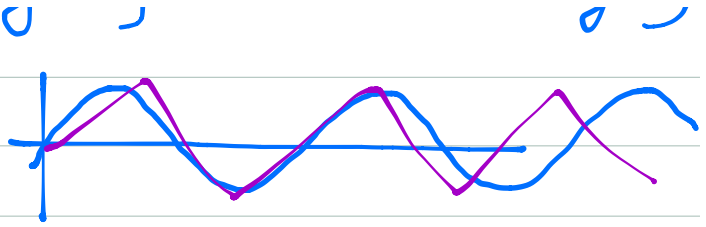
$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \hat{e}_t + \frac{v^2}{\rho} \hat{e}_N$$

$\hookrightarrow \rho$ "lokaler Krümmungsradius" der Bahn

"Harmonische" Bewegung $\leftrightarrow$ Kreisbewegung

L ~ sin-Gesetz

L lin. Kraftgesetz



$$\vec{r} = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix}$$

$$x = r \cos \theta$$

$$\theta = \omega t$$

$$y = r \sin \theta$$

Ort $\rightarrow$ Geschwindigkeit $\rightarrow$ Beschleun.

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} r \cos \omega t \\ r \sin \omega t \end{pmatrix} \rightarrow \vec{v} = \begin{pmatrix} -r\omega \sin \omega t \\ r\omega \cos \omega t \end{pmatrix}$$

$$\rightarrow \vec{a} = \begin{pmatrix} -r\omega^2 \cos \omega t \\ -r\omega^2 \sin \omega t \end{pmatrix}$$

$$\vec{r} = r \begin{pmatrix} \cos \omega t \\ \sin \omega t \end{pmatrix}$$

$$\vec{a} = -r\omega^2 \begin{pmatrix} \cos \omega t \\ \sin \omega t \end{pmatrix}$$

$$\vec{a} = -\omega^2 \vec{r} = -r\omega^2 \hat{r}$$

Dynamik

Newton'sche Axiome

1. Trägheitsprinzip $\vec{v} = \text{konst}$ wenn $\sum \vec{F}_i = 0$

Körper [bleibt in Ruhe oder] bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit weiter, wenn keine äußere Kraft auf ihn einwirkt.

$$\hookrightarrow \vec{F} = \sum \vec{F}_i$$

2. Aktionsprinzip

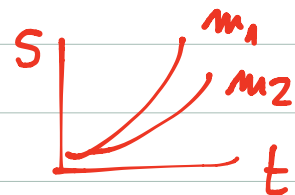
Die Beschleunigung eines Körpers ist umgekehrt proportional zu seiner Masse (m) und direkt proportional zur resultierenden Kraft, die auf ihn einwirkt

$$\hookrightarrow \sum \vec{F}_i$$

$$\vec{F}$$

einwirkt

$$\boxed{\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}, \quad \vec{F} = m \cdot \vec{a}}$$



3. Reaktionsprinzip "actio = reactio"

Kräfte treten immer paarweise auf.

Wenn Körper A auf B die Kraft $\vec{F}$ ausübt, dann wirkt $-\vec{F}$ von B auf A.