Übungen zur Klassischen Theoretischen Physik I WS 19/20

Prof. Dr. A. Shnirman
PD Dr. B. Narozhny

Blatt 0
Besprechung 18.10.2018

---

1. Skalar- und Vektorprodukte:

(a) Berechnen Sie die Normen $|\boldsymbol{v}_1|$ und $|\boldsymbol{v}_2|$ folgender Vektorpaare, sowie deren Skalarprodukt $\boldsymbol{v}_1\boldsymbol{v}_2$ und Vektorprodukt $\boldsymbol{v}_3 = \boldsymbol{v}_1 \times \boldsymbol{v}_2$:

- $\boldsymbol{v}_1 = (1, 0, 0)$, $\boldsymbol{v}_2 = (0, 1, 0)$.
- $\boldsymbol{v}_1 = (0, 3, 4)$, $\boldsymbol{v}_2 = (4, 3, 0)$.
- $\boldsymbol{v}_1 = (-6, 2, 4)$, $\boldsymbol{v}_2 = (3, -1, -2)$.
- $\boldsymbol{v}_1 = (0, \sqrt{2}/2, -\sqrt{2}/2)$, $\boldsymbol{v}_2 = (-\sqrt{6}/3, \sqrt{6}/6, \sqrt{6}/6)$.

(b) Drei Vektoren bilden eine (orthonormierte) Basis wenn sie

- auf 1 normiert sind, d.h. $\boldsymbol{v}_i\boldsymbol{v}_i = 1$ und
- gegenseitig orthogonal zueinander stehen, d.h. $\boldsymbol{v}_i\boldsymbol{v}_j = 0$.

Welche Vektoren-Tripel $\{\boldsymbol{v}_1, \boldsymbol{v}_2, \boldsymbol{v}_3\}$ erfüllen diese Bedingungen?

2. Getriebene Teilchen:

(a) Löse die Bahngleichung für folgende Fälle: Ein Teilchen der Masse m [mit $v(0) = 0$, $x(0) = 0$] erfahre eine Beschleunigung.

- $a(t) = a_0$.
- $a(t) = a_0(t/t_0)$.
- $a(t) = a_0 \cos(\omega t)$.
- $a(t) = a_0 e^{-\eta t}$.
- $a(t) = a_0 \cos^2(\omega t)$.

(b) Wie verändern sich obige Lösungen für $x(0) = x_0$, $v(0) = 0$?

(c) Wie verändern sich obige Lösungen für $x(0) = 0$, $v(0) = v_0$?

3. Teilchentrajektorie:

Wir untersuchen die Eigenschaften einer Trajektorie im dreidimensionalen Raum.

(a) Berechnen Sie Geschwindigkeit $\boldsymbol{v} = d\boldsymbol{r}/dt$ und Beschleunigung $\boldsymbol{a} = d^2\boldsymbol{r}/dt^2$ einer punktförmigen Masse m auf der Bahnkurve

$$\boldsymbol{r}(t) = \big(R\cos\omega t, \quad R\sin\omega t, \quad ct\big)\,,$$

mit den konstanten Parametern R [m], ω [1/s], und c [m/s]. Geben Sie die dazu notwendige Kraft $\boldsymbol{F}$ an.

(b) Die Bogenlänge der Bahnkurve bis zur Zeit t ist gegeben durch

$$s(t) = \int_0^t dt' |\boldsymbol{v}(t')|$$

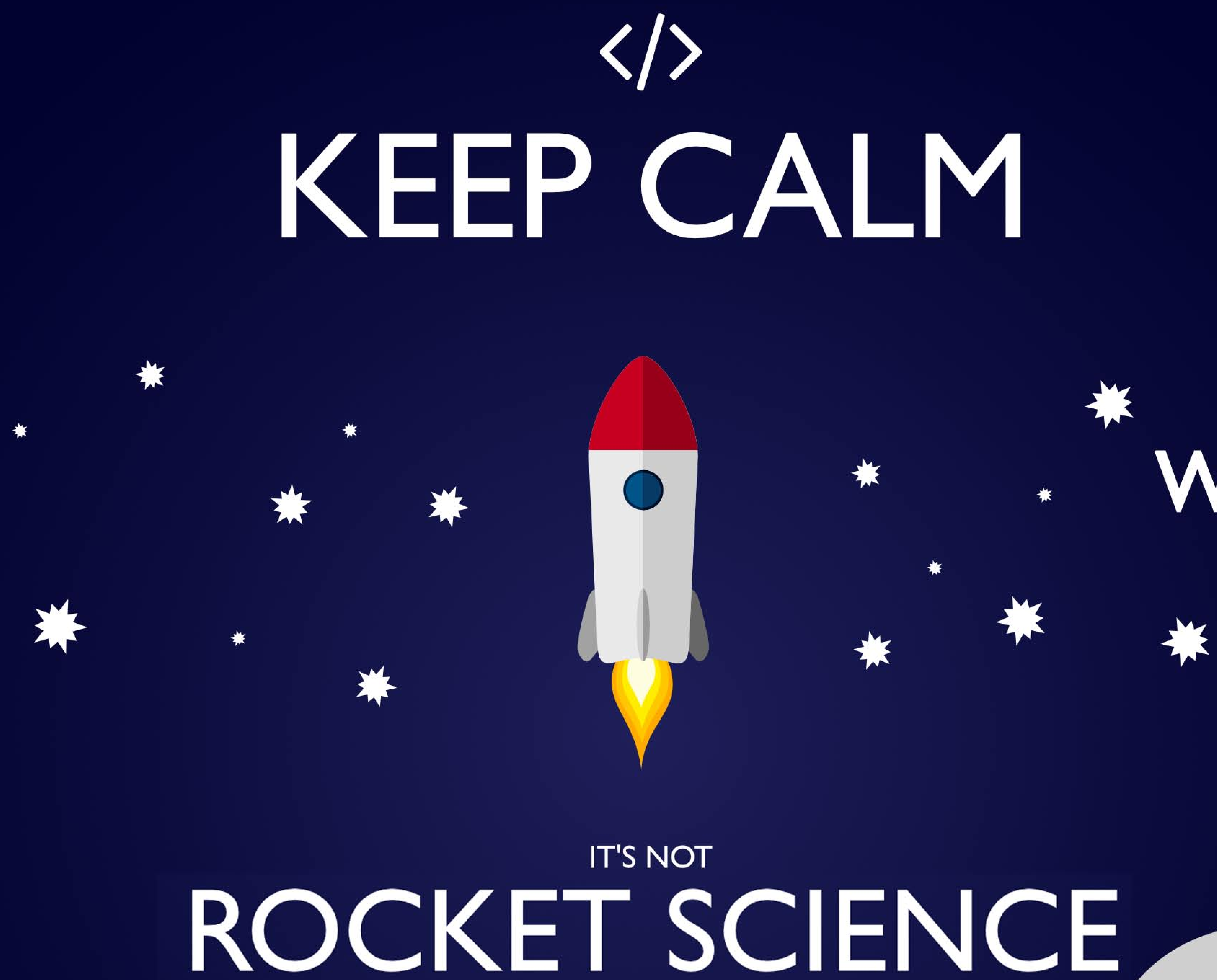
wobei $|\boldsymbol{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$. Zeigen Sie, dass sich die Bogenlänge schreiben lässt als $s(t) = t/\zeta$ und bestimmen Sie die Konstante ζ. Welche Einheit besitzt ζ?

(c) Berechnen Sie den Tangentenvektor $\boldsymbol{t}$, den Normalenvektor $\boldsymbol{n}$ und den Binormalenvektor $\boldsymbol{b}$ der Trajektorie $\boldsymbol{r}(t)$. Bestimmen Sie ebenfalls die dazugehörige Krümmung der Bahnkurve κ sowie dessen Torsion τ. Nutzen Sie dazu die Definition für

- den Tangentenvektor $\quad \boldsymbol{t}(s) = d\boldsymbol{r}(s)/ds,$
- die Krümmung $\quad \kappa(s) = |d\boldsymbol{t}(s)/ds|,$
- den Normalenvektor $\quad \boldsymbol{n}(s) = \frac{1}{\kappa(s)} d\boldsymbol{t}(s)/ds,$
- den Binormalenvektor $\quad \boldsymbol{b}(s) = \boldsymbol{t}(s) \times \boldsymbol{n}(s),$
- die Torsion $\quad \tau(s) = |d\boldsymbol{b}(s)/ds|.$

Letztere lässt sich auch implizit definieren als $d\boldsymbol{b}(s)/ds = -\tau(s)\boldsymbol{n}(s)$.

(d) Zeichnen Sie schematisch die Bahnkurve $\boldsymbol{r}(t)$. Erklären Sie kurz warum man κ als Krümmung und τ als Torsion bezeichnet.



WAS? Rocket Science im Tunnel: Experimente der Teilchenphysik - ein Vortrag von Prof. Husemann für jeden verständlich

WANN? Mittwoch, 23.10. 17:30 Uhr

WO? Gaede-Hörsaal im Flachbau

eine Veranstaltung des Mentorenprogramms