

## Domáca úloha 3

---

### Úloha 1

Úlohou je napísať simulátor pohybu nabitej častice v dipólovom magnetickom poli Zeme. Využite znalosti z predchádzajúcich cvičení. Na cvičení 2 sme si odvodili pohybovú rovnicu nabitej častice v magnetickom poli Zeme - toto bude pohybová rovnica, ktorú máte integrovať:

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \frac{q}{m} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{r}}{dt} \times \left( \frac{3(\vec{m} \cdot \vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{m}}{r^3} \right). \quad (1)$$

Využite postup, ktorý sme si opísali na cvičení 3. V podstate musíme iba prepísať pohybovú rovnicu a zadať počiatočné podmienky. Pri prepise pohybovej rovnice využite tieto užitočné metódy knižnice *numpy*: *np.dot(a,b)* - zráta skalárny súčin vektorov  $\vec{a}$  a  $\vec{b}$ , *np.cross(a,b)* - zráta vektorový súčin vektorov  $\vec{a}$  a  $\vec{b}$ .

Kedže v pohybovej rovnici vystupuje vektorový súčin vektorov rýchlosti a polohy, vstupom do pohybovej rovnice musia byť v tomto prípade obidva vektory. Pre zjednodušenie vám prezradím magnetický dipólový moment Zeme:

```
1 phi = 11.70*np.pi/180      # sklon magnetickej dipolovej osi [rad]
2 mu = -7.94e22*np.array([0.0,np.sin(phi),np.cos(phi)]) # Mag. dip. moment
```

Integrujte a vykreslite trajektóriu  $\alpha$ -častice:  $m_\alpha = 4 * 1.67 \times 10^{-27}$  kg,  $q_\alpha = 2 * 1.602 \times 10^{-19}$  C. Zadajte nasledovné počiatočné podmienky:

- Časový krok: 0.1 s
- Konečný čas: 5000 s
- Počiatočný čas:  $t(0) = 0$
- Počiatočná ploha:  $\vec{r}(0) = (0., -7.85, -1.53) * R_e$ , kde  $R_e = 6371000$
- Počiatočná rýchlosť:  $\vec{v}(0) = (0, 0.3, 0.3)$

Mali by ste dostať niečo podobné:

### Bonusová úloha

Upravte pohybovú rovnicu tak, aby obsahovala aj interakciu so zemskou atmosférou a simulujte pohyb častice v takomto prostredí.

## Domáca úloha 3

---

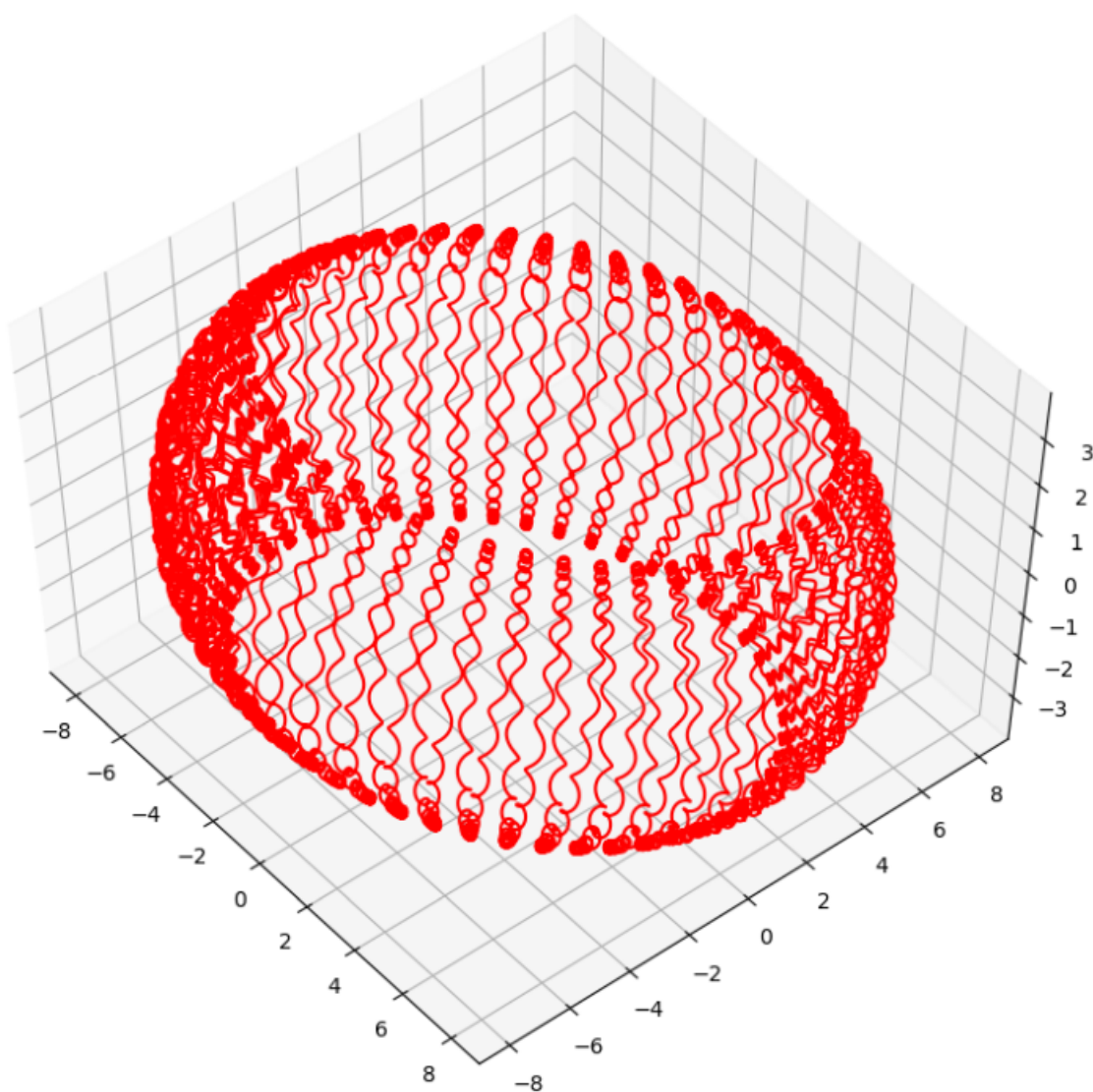


Figure 1: Pohyb  $\alpha$  častice v magnetickom poli Zeme - jej trajektória vytvára radiačný pás.