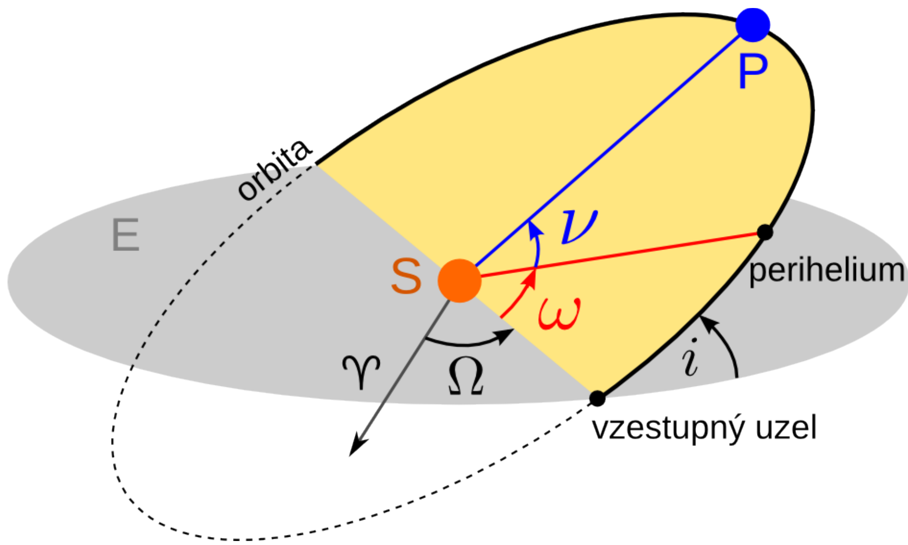
OPT/AST

L10

# Efemeridy – zdánlivé polohy těles sluneční soustavy

*dráhové elementy*




tvar dráhy

- velká poloosa $a$
- excentricita $e$

orientace roviny planetární dráhy

- sklon dráhy k ekliptice $i$
- délka vzestupného uzlu $\Omega$

orientace dráhy v její rovině

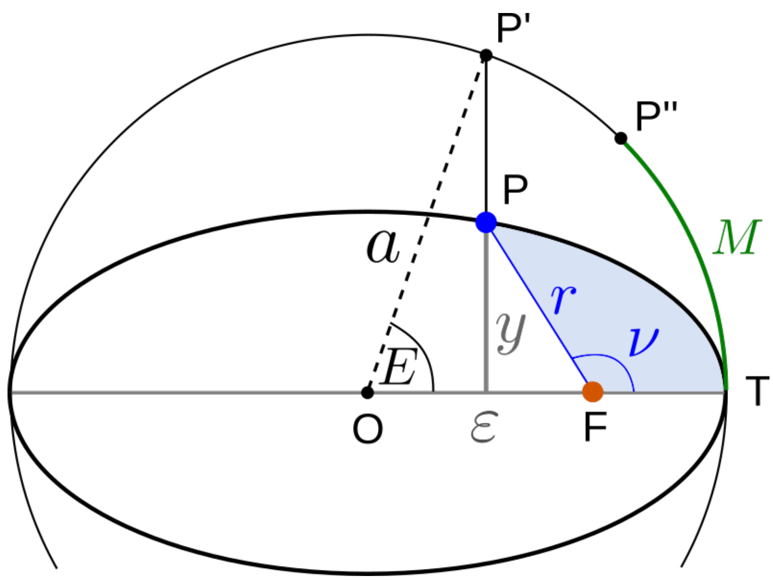
- argument perihelia $\omega$

počáteční poloha planety na dráze

- okamžik průchodu periheliem $T$

dráhové elementy jsou proměnné v čase

*poloha tělesa na dráze*




polární souřadnice – délka průvodiče $r$ , pravá anomálie $\nu$

P'' – rovnoměrný pohyb po kružnici, setkává se s planetou v periheliu

střední anomálie $M$

$M = \dfrac{2\pi(t - T)}{P}$ nebo $M = M_0 + n(t - t_0)$

$n$ – střední denní pohyb

P' – průmět planety na soustřednou kružnici

excentrická anomálie $E$

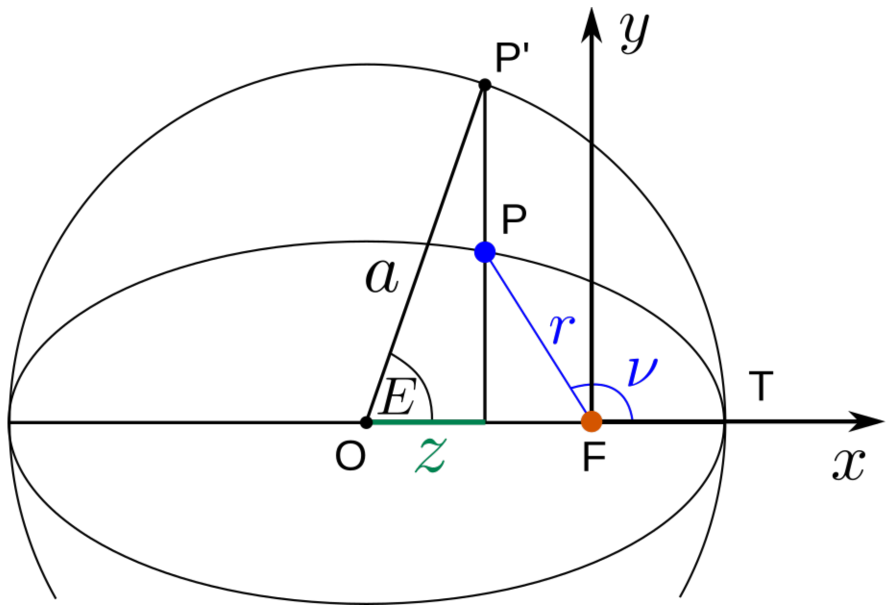
Keplerova rovnice

$M = E - e \sin E$

numerické řešení – iterace

rychlá konvergence pro malé excentricity

speciální metody pro velké excentricity/hyperboly/paraboly pravoúhlé souřadnice (osa x míří ze Slunce do perihelia)




$$x = a\left(\cos E - e\right)$$

$$y = a\sqrt{1-e^2}\sin E$$

odpovídající polární souřadnice jsou $\left(r, \nu\right)$

vzdálenost planety od Slunce

$$r = a\left(1 - e\cos E\right)$$

transformace souřadnic

- rotace v rovině dráhy o úhel $\omega$, která otočí osu *x* z perihelia do vzestupného uzlu
- rotace kolem vzestupného uzlu o úhel $i$, která otočí rovinu dráhy do roviny ekliptiky
- rotace v rovině ekliptiky o úhel $\Omega$, která otočí osu *x* z vzestupného uzlu do jarního bodu

získáme pravoúhlé heliocentrické ekliptikální souřadnice planety $\left(x_e, y_e, z_e\right)$

$$\frac{x_e}{r} = \cos\Omega\,\cos\theta - \sin\Omega\,\sin\theta\,\cos i$$

$$\frac{y_e}{r} = \sin\Omega\,\cos\theta + \cos\Omega\,\sin\theta\,\cos i$$

$$\frac{z_e}{r} = \sin\theta\,\sin i$$

kde $\theta = \nu + \omega$

odpovídající sférické souřadnice jsou $\left(r, l, b\right)$

podobným způsobem získáme pravoúhlé geocentrické ekliptikální souřadnice Slunce $\left(x_s, y_s, 0\right)$

pro Slunce $i_s = 0$ a $\Omega_s = 0$

$$\frac{x_s}{r_s} = \cos\theta_s$$

$$\frac{y_s}{r_s} = \sin\theta_s$$

odpovídající sférické souřadnice jsou $\left(r_s, l_s, 0\right)$

přesuneme střed souřadné soustavy do středu Země

získáme pravoúhlé geocentrické ekliptikální souřadnice planety

$$\left(x_g, y_g, z_g\right) = \left(x_e + x_s,\ y_e + y_s,\ z_e\right)$$

odpovídající sférické souřadnice jsou $\left(R, \lambda, \beta\right)$ , $R$ je vzdálenost planety od Země elongaci planety $E_p$ získáme např. pomocí kosinové věty

$$r^2 = r_s^2 + R^2 - 2 r_s R \cos E_p$$

geocentrické rovníkové souřadnice planety (II. druhu) získáme rotací $(x_g, y_g, z_g)$ kolem jarního bodu o úhel $\epsilon$ , která otočí ekliptiku do roviny světového rovníku

odpovídající sférické souřadnice jsou $R, \alpha, \delta$

pro dosažení větší přesnosti je nutno vzít v úvahu gravitační působení ostatních planet, precesi, nutaci apod.