

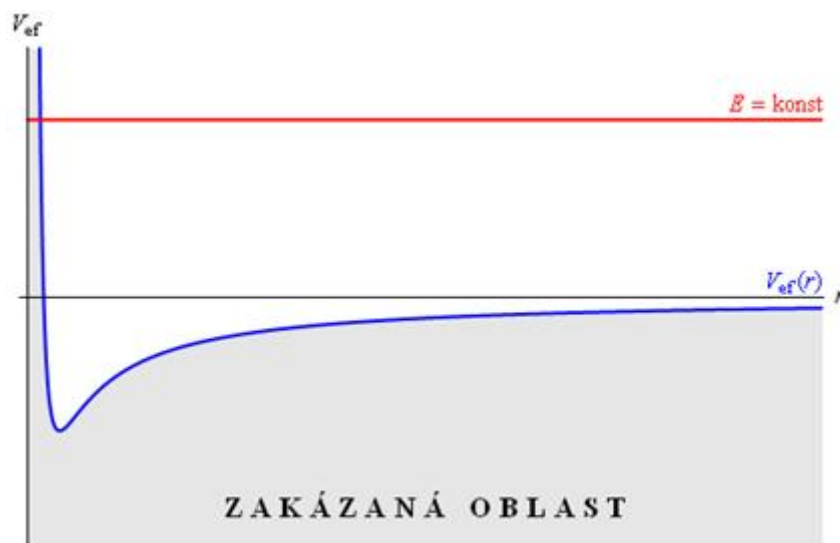
## Newtonovský efektivní potenciál

Nejjednodušší je vyšetřování Newtonovského [efektivního potenciálu](#).

Na obr. 41 je zobrazen průběh Newtonovského efektivního potenciálu popsaného vztahem

$$V_{\text{ef}}(r) = -\frac{GMm}{r} + \frac{l^2}{2mr^2} \quad (108)$$

a celkové [mechanické energie](#)  $E$ , kterou má těleso pohybující se kolem centra daného centrálního [pole](#). Na základě podmínky (107) je zřejmé, že přípustné hodnoty [potenciální energie](#) pohybujícího se tělesa leží vždy buď na přímce konstantní celkové mechanické energie nebo pod ní. Z obrázku je též zřejmé, že existuje minimum efektivního potenciálu (108).



Obr. 41

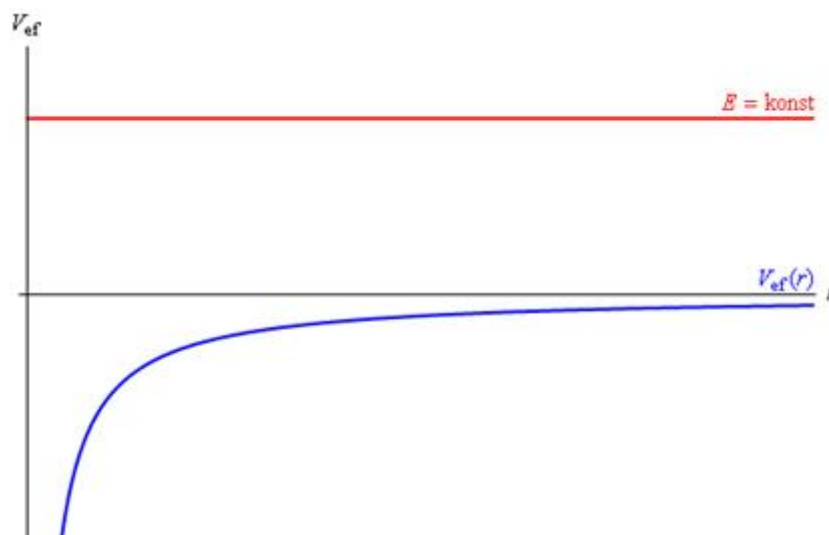
Newtonovský efektivní potenciál zapsaný ve tvaru (108) má pro malá  $r$  (malé vzdálenosti od centra uvažovaného centrálního pole) průběh odpovídající funkci  $f(r) = \frac{1}{r^2}$  a pro velká  $r$  průběh odpovídající funkci  $g(r) = -\frac{1}{r}$ . Proto existuje minimum efektivního potenciálu.

Pro malá  $r$  je ve vztahu (108) dominantním členem člen úměrný  $\frac{1}{r^2}$ , protože člen úměrný  $-\frac{1}{r}$  je zanedbatelný ( $\frac{1}{r^2}$  pro malá  $r$  roste rychleji než  $-\frac{1}{r}$ ). Pro velká  $r$  je tomu naopak:  $\frac{1}{r^2}$  klesá velmi rychle a tedy se uplatní (tj. ve vztahu „zbude“) pouze člen  $-\frac{1}{r}$ .

V grafu na obr. 41 je zobrazena i tzv. zakázaná oblast, v níž se pohybující těleso nemůže nikdy nacházet. To ovšem znamená, že těleso, které se pohybuje kolem centra pole umístěného v bodě  $[0; 0]$  grafu, do tohoto centra nikdy nemůže spadnout. Ovšem pouze za předpokladu, že:

1. uvažujeme pouze bodové částice - kdybychom uvažovali např. [pohyb](#) kolem [Slunce](#), pak by [zakázaný pás](#) byl ve směru osy  $r$  posunut o takovou vzdálenost, která odpovídá poloměru Slunce.
2. neuvažujeme radiální pohyby - tj. předpokládáme pouze oběžný pohyb kolem centra

pole.



Obr. 42

Radiální pohyb je popsán efektivním potenciálem  $V_{\text{ef}}(r) = -\frac{GMm}{r}$  (moment [hybnosti](#) je nulový) a závislost efektivního potenciálu na vzdálenosti je zobrazena na obr. 42.

Na základě grafu závislosti efektivního potenciálu na vzdálenosti lze klasifikovat pohyby. Nedostaneme sice přesné tvary rovnic popisující [trajektorii](#) pohybujícího se objektu, získáme ovšem velmi rychle dobrou kvalitativní předpověď studovaného pohybu. Podle obr. 43 lze tedy popsat pohyb tělesa v centrálním poli v závislosti na hodnotě celkové mechanické energie:

1.  $E > 0$  - těleso se pohybuje po [hyperbole](#) a bod  $A_1$  odpovídá periheliu jeho trajektorie;
2.  $E = 0$  - těleso se pohybuje po parabole a bod  $A_2$  odpovídá periheliu jeho trajektorie;

Tyto dva případy popisují např. trajektorie [komet](#). Ty přiletí do grafu na obr. 43 zprava (z velkých vzdáleností od Slunce), proletí [perihéliem](#) a opět se vrací do velkých vzdáleností.

3.  $E < 0$  - těleso se pohybuje po [elipse](#), přičemž bod  $A_3$  odpovídá periheliu a bod  $A_3'$  [aféliu](#) jeho trajektorie;

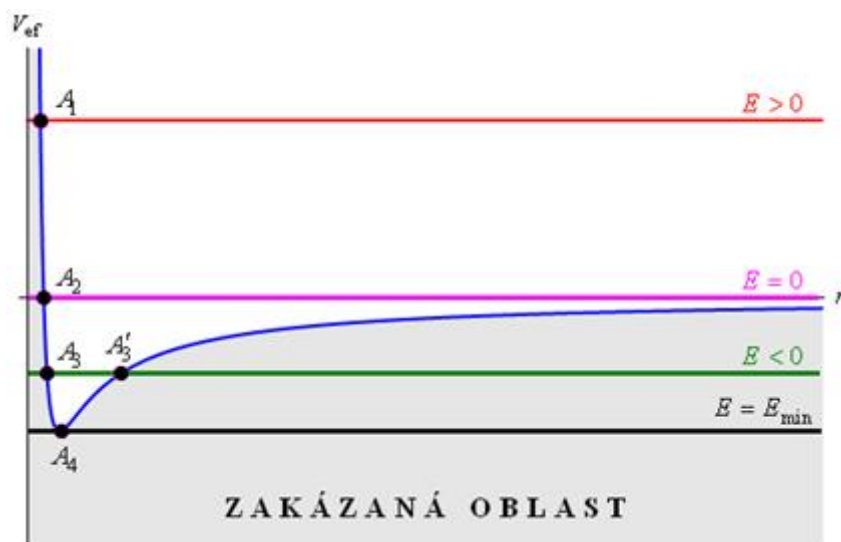
Perihélium  $A_3$  je ke Slunci blíže než afélium  $A_3'$ .

4.  $E = E_{\text{min}}$  - těleso má nejmenší možnou zápornou celkovou mechanickou energii (viz vztah (94)) a pohybuje se po kružnici o poloměru, který je dán [souřadnicí](#)  $r$  bodu  $A_4$ .

Těleso má tedy během svého pohybu konstantní vzdálenost od centra daného pole - tj. např. od Slunce.

Body  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_3'$  a  $A_4$  se nazývají **body obratu** a platí pro ně  $\dot{r} = 0$ .

V bodech obratu se tedy nemění v závislosti na čase radiální vzdálenost pohybujícího se tělesa od centra pole. V těchto bodech tak skutečně nastává „obrat“ pohybu tělesa: vzdalování se začíná měnit na přibližování (v aféliu) nebo přibližování se mění na vzdalování (v periheliu).



Obr. 43

© Encyklopedie Fyziky (<http://fyzika.jreichl.com>); Jaroslav Reichl, Martin Všetíčka

Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.