

## Hamiltonova - Jacobiho rovnice

[Hamiltonova - Jacobiho teorie](#) vychází z [kanonických transformací](#), a proto připomeneme důležité vztahy, s nimiž budeme dále pracovat. Vyjdeme např. z generující funkce  $F_1 = F_1(q^j, Q^j, t)$  (viz tab. 1) a z platnosti těchto vztahů:

$$\frac{\partial F_1}{\partial q^j} = p_j, \quad (215)$$

$$\frac{\partial F_1}{\partial Q^j} = -P_j, \quad (216)$$

$$H'(Q^j, P_j, t) = H(q^j, p_j, t) + \frac{\partial F_1}{\partial t}, \quad (217)$$

a z [Hamiltonových kanonických rovnic](#) ve tvaru

$$\frac{dQ^j}{dt} = \frac{\partial H'}{\partial P_j} \quad \text{a} \quad \frac{dP_j}{dt} = -\frac{\partial H'}{\partial Q^j}. \quad (218)$$

Na vývoj systému, který chceme popsat, můžeme nahlížet jako na speciální kanonickou transformaci. A ze všech možných kanonických transformací budeme hledat tu nejjednodušší - takovou, pro níž platí

$$H' = 0. \quad (219)$$

Je to podmínka sice velmi přísná, nicméně lze takový vývoj systému najít.

Na základě podmínky (219) budeme nyní hledat speciální [generující funkci](#)  $S$ , která generuje příslušnou kanonickou transformaci. Pro tuto funkci, která se nazývá akční funkcionál, platí

$$S(q^j, Q^j, t) = F_1. \quad (220)$$

S využitím podmínky (219) lze psát Hamiltonovy kanonické rovnice (218) ve tvaru

$$\frac{dQ^j}{dt} = 0 \quad \text{a} \quad \frac{dP_j}{dt} = 0. \quad (221)$$

Z těchto rovnic okamžitě plyne

$$Q^j = \alpha_j = \text{konst.} \quad \text{a} \quad P_j = -\beta_j = \text{konst.} \quad (222)$$

Důvod, proč jsme druhou konstantu volili se znaménkem mínus, bude zřejmý z dalších výpočtů.

Písmeny  $\alpha$  a  $\beta$  jsme označili konstanty, čísla. Proto píšeme jejich indexy dolů.

To ovšem znamená, že **hmotný bod**, jehož **pohyb** sledujeme, by stál na místě. Zatím jsme totiž nevzali v úvahu další vztahy. S využitím vztahů (220), (216) a (222) můžeme psát  $\frac{\partial S(q^j, \alpha_j, t)}{\partial \alpha_j} = \beta_j$  a odtud najdeme funkci  $q^j(t, \alpha_j, \beta_j)$  inverzí. Funkci  $S$  budeme hledat na základě rovnice

$$H(q^j, p_j, t) + \frac{\partial S}{\partial t} = 0, \quad (223)$$

kterou jsme získali na základě rovnice (217), podmínky (219) a definice funkce  $S$  (220).

Abychom našli skutečně kanonickou transformaci a postup výpočtu byl konzistentní, musíme použít i vztah (215). To znamená, že platí (s využitím definice funkce  $S$  (220)):

$$\frac{\partial S}{\partial q^j} = p_j. \quad (224)$$

To znamená, že **zobecněné souřadnice**  $q^j$  a **kanonické hybnosti**  $p_j$  nejsou nezávislé.

Dosazením vztahu (224) do rovnice (223) získáme **Hamiltonovu - Jacobiho rovnici** ve tvaru

$$H\left(q^j, \frac{\partial S}{\partial q^j}, t\right) + \frac{\partial S}{\partial t} = 0. \quad (225)$$

Získali jsme tak skutečně jednu jedinou rovnici, která popisuje vývoj daného fyzikálního systému.