

## Teoretická mechanika – co to je a proč se jí zabývat

Začínáte-li číst tento prozatímní učební text, máte už zřejmě za sebou úvodní přednášku z prvního semestru, v níž jste se seznámili s klasickou mechanikou.

Víte tedy, co je hmotný bod, soustava hmotných bodů, tuhé těleso a kontinuum čili spojité prostředí. Nepřekvapí vás pojem pohybová rovnice; víte, že je to vlastně druhý Newtonův zákon. Pro řadu konkrétních příkladů umíte příslušné pohybové rovnice vyřešit a spočítat, jak se body či tělesa pohybují. Znáte a umíte využít první a druhou větu impulsovou a víte, jak souvisejí se zákony zachování hybnosti a momentu hybnosti. Zvykli jste si na pojem konzervativní síly a víte, že pokud síly takové jsou, můžeme zavést potenciální energii a využívat zákon zachování energie. Všechno tohle, a leccos dalšího, znáte a nepřipadá vám to složité – tedy rozhodně ne tak, jako když jste se s tím seznamovali poprvé. A umíte to více či méně svižně používat pro řešení příkladů. Naučili jste se toho spoustu (však to také dalo dost práce) a máte v této oblasti vědomosti a dovednosti výrazně převyšující středoškolské učivo z oblasti mechaniky.

Proč se tedy, proboha, učit nějakou další mechaniku? Co nám to přinese? Co to od nás bude vyžadovat? A k čemu je to budoucímu nebo stávajícímu učiteli fyziky?<sup>1</sup>

Zprv je nutno čestně přiznat, že oblast označovaná jako teoretická mechanika není nějaká „jiná mechanika“. Neliší se od newtonovské mechaniky tak, jako třeba speciální teorie relativity nebo kvantová mechanika. To lze vlastně chápat jako dobrou zprávu: stále se budeme pohybovat ve „starém dobrém makrosvětě“ a nebudeme se potýkat třeba s podivným kvantovým chováním objektů mikrosvěta nebo s nezvyklým chováním prostoru a času při vysokých rychlostech. Zkrátka – stále půjde o klasickou mechaniku, jen „nahlíženou trochu jinak“.

Pohled teoretické mechaniky je abstraktnější a více matematický, než tomu bývá v úvodním kurzu mechaniky. Neděste se, zvládneme to! Pokud vám přišlo, že už v úvodním kurzu mechaniky bylo matematiky a abstrakce v porovnání se středoškolskou fyzikou až až, máte pravdu, v úvodním kurzu jsme se naučili ve fyzice aplikovat spoustu matematiky. Ale dalo se to zvládnout – a teď prostě jen půjdeme o trochu výš. Naštěstí to nebude dramatické, stále budeme využívat, co už umíme: derivace, integrály a diferenciální rovnice, nic přehnaně nového se neobjeví. Jen bude trochu víc indexů, odvozování bude občas o něco delší a na první pohled se bude leckdy zdát, že jednoduché věci zbytečně komplikujeme.

Bude zvládnutí teoretické mechaniky stát za potřebnou námahu a soustředění? Bude!<sup>2</sup> Například poměrně brzy, už ve druhé kapitole, si odvodíme rovnice, jež nám umožní řadu problémů, které jsme v úvodním kurzu mechaniky řešili jen klopotně, vyřešit velmi lehce a elegantně.<sup>3</sup> Seznámíme se také s důležitými pojmy, které se užívají v dalších partiích fyziky, například hamiltonián nebo fázový prostor. Až se s nimi později setkáte, budete o nich mít už určitou představu. Navíc nám teoretická mechanika poskytne další nahléd a v jednodušší formě nám naznačí některé přístupy, které se v současné fyzice považují za důležité a nosné, třeba souvislost symetrie a zákonů zachování nebo princip, který bychom velmi vágně mohli vyjádřit tvrzením „příroda má ráda extrémý“. A o takovýchto věcech by učitel fyziky měl mít alespoň základní povědomí.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Odpověď typu „Je to ve studijním plánu, je to povinné a je z toho zkouška“ nás určitě neuspokojí.

<sup>2</sup> Co jiného taky mohu napsat do úvodu učebního textu k daným partiím, že? Ale pokusím se vás přesvědčit, že teoretická mechanika za to opravdu stojí – a celý text psát tak, aby ta námaha nebyla zbytečně velká.

<sup>3</sup> Umět takto vyřešit problém se může hodit například při kontrole některých úloh Fyzikální olympiády.

<sup>4</sup> Nebojte se, dotkneme se jich jen lehce – ale zase tak, aby to nebylo pouhé nezávazné povídání.

Navíc lze teoretickou mechaniku chápat i jako trénink před dalšími partiemi teoretické fyziky, které přijdou, jako je klasická elektrodynamika nebo statistická fyzika. Zvykáme si zde na určitý formálnější způsob zápisu, na trochu abstraktnější vyjadřování a myšlení. Později se nám tento trénink bude hodit; i věci objektivně náročnější nám pak nepřijdou tak složité. Výhodou teoretické mechaniky je skutečnost, že se stále týká konkrétních a názorně představitelných věcí – v našem podání většinou hmotných bodů – a jejich pohybu v obyčejném třírozměrném euklidovském prostoru.

Jak se s teoretickou mechanikou seznamovat? Abstraktnější formulace a vztahy, s nimiž se zde setkáme, jsou většinou bližší především matematicky zaměřeným jedincům, ti v nich ocení úspornost a eleganci. Řadě lidí se ovšem zpočátku možná budou výpočty a odvození zdát temnou houštinou, v níž je těžko se orientovat a vidět paprsek světla. Ale nezoufejte, to je na začátku normální.<sup>5</sup> Až si v tom pralese vzorců najdeme a prosekáme cestičky a několikrát je projdeme, budeme se po nich pohybovat jistě a spolehlivě. Přitom se seznámíme s „krajinou teoretické mechaniky“<sup>6</sup> a pak zčásti společně, zčásti každý po svém, oceníme její krásu. Jako přednášející a autor těchto řádek vám mohu nabídnout pomoc při tom prosekávání, občasné rady a kousky map, upozornit na obtížná místa i zajímavé výhledy – ale procházet a prosekávat si cestičky a skládat si v hlavě vlastní představu a obraz krajiny, to už musíte sami. Ostatně, tohle platí nejen o teoretické mechanice, to už jste si jistě uvědomili i v jiných partiích fyziky a matematiky.

Nechme stranou metafory<sup>7</sup> – jak se tedy budeme s teoretickou mechanikou opravdu seznamovat? Samozřejmě, nastíněním problematiky, zavedením potřebných pojmů, odvozením příslušných vztahů a rovnic. Ale také ilustrací toho, jak tyto vztahy a rovnice fungují, a to na co nejjednodušších příkladech. Snažte se prosím opravdu odvození i aplikace projít (leckdy je potřeba několikrát) a pochopit, jak fungují.<sup>8</sup> Právě jednoduché příklady nám přitom mohou značně pomoci. Odvození budou navíc občas doplněna komentáři, které se na přednášce většinou říkají jako „řeči okolo“ (a studenti znavení předchozím zuřivým opisováním vzorců si je často nepíší, byť jde o věci, jimiž se přednášející snaží dodat určitý nadhled). Tyto komentáře většinou najdete v poznámkách pod čarou.

Ještě závěrečnou poznámku k názvosloví. V úvodním kurzu mechaniky většinou pracujeme s veličinami jako polohový vektor, rychlost, zrychlení, hybnost, moment hybnosti,... Všechno jsou to vektory. V učebnicích teoretické mechaniky proto bývá tento přístup někdy nazýván *vektorová mechanika*. V teoretické mechanice bude „úseček se šipkami“ většinou méně a budeme spíše pracovat se souřadnicemi bodů a veličinami z nich odvozenými a zejména se skalárními veličinami typu práce a energie. Ve vzorcích a rovnicích se často budou objevovat parciální derivace těchto skalárních veličin. Hojně tedy budeme využívat matematické analýzy. Snad i proto se pro teoretickou mechaniku někdy používá název *analytická mechanika*. Za zmínku ještě stojí, že učebnice teoretické mechaniky se také často skrývají prostě pod obecným názvem klasická mechanika. (Kdybychom chtěli, můžeme parafrázovat Shakespeara: Co je po jméně...)

Takže – vydejme se na cestu!

Leoš Dvořák

<sup>5</sup> Taky jsem si tím za studentských let prošel.

<sup>6</sup> Ne s celou krajinou, jen s její částí. Zdaleka nebudeme muset studovat všechny kapitoly objemných učebnic teoretické mechaniky. Budeme si vybírat to základní.

<sup>7</sup> Metafora o prosekávání se pralesem se spontánně vynořila během jedné letošní přednášky. Studenti se dobře bavili, když si představili fyzikáře, ohánějícího se v pralese vzorců mačetou...

<sup>8</sup> Chtít se je naučit jen z paměti, bez pochopení, by bylo, vrátíme-li se k metafoře pralesa, jako drilovat názvy stromů a bylin, aniž bychom je ve skutečné vegetaci poznali.