

## Zenonovy paradoxy

Znalost geometrie umožnila [Řekům](#) rozvinout dvě oblasti fyziky:

1. statiku - část [mechaniky](#) zabývající se [rovnováhou](#) těles;
2. katoptriku;

Geometrické úvahy nedovolovali popsat nejzajímavější vlastnosti přírody - [pohyb](#) a změnu (tj. vznik a zánik těles). Těmito problémy se zabývali eleaté z filosofické školy sídlící ve městě Elea v jižní Itálii. Nejznámějším z nich byl **ZENON Z ELEJE** (490 - 430 př. n. l.) (viz obr. 52).

Zenon se narodil v jižní Itálii v řecké osadě Eleji a byl žákem tamního filosofa Parmenida. Zenonovy [práce](#) se nezachovaly - vše, co o něm víme, lze najít u [Platona](#) a [Aristotela](#), kteří s jeho paradoxy polemizovali. O jeho životě se více podrobností neví, známější jsou jeho názory. Neměl rád [pythagorejce](#), protože neuznával jejich názory. Podle atomové teorie, která byla vyslovena již dříve, ale která je známa zejména od [Demokrita](#) z Abdér, existují nejmenší, dále nedělitelné kousky hmoty ([atomy](#)) a jejich rozměr tedy odpovídá nejmenšímu existujícímu číslu.



Obr. 52

A právě v tom byla podstata tzv. Zenonových paradoxů:

1. [Achilles a želva](#) - Achilles, který závodí se želvou, dá želvě náskok. Za dobu, za kterou Achilles doběhne na místo, kde stála na počátku závodu želva, želva poodejde dále. Než stihne Achilles tuto vzdálenost urazit, želva se opět posune dále. A tak Achillovi pokaždé chybí kousek, aby želvu dohonil. Celý pohyb se tak rozdělí nejen v prostoru, ale i v čase na nekonečně mnoho malých kousků, které mají nenulovou délku a jejichž součet tedy bude nekonečný.
2. [Vystřelený šíp se nepohybuje](#) - v každém časovém okamžiku je šíp na přesně daném místě v prostoru, nikoli na nějakém úseku. Proto se na tomto místě nachází stále a nemůže se tedy pohybovat. Jinými slovy neexistuje rozdíl mezi letícím šípem a šípem, který je v [klidu](#).

Všechny Zenonovy paradoxy jsou v podstatě stejné - jsou jen jinak přeformulovány. A ve všech z nich vychází podstata zdůvodnění ze stejného předpokladu: neexistuje libovolně malé kladné číslo (libovolně malá vzdálenost). Vzhledem k tomu, že není možné čísla (podle [řecké matematiky](#)) libovolně zmenšovat, musí být součet nekonečně mnoha těch nejmenších možných nekonečný. A přitom to tak není - čísla lze dělit libovolně a získávat tak stále menší a menší. Pokud by tato malá čísla (vzdálenosti, časové intervaly, ...) měla nulovou hodnotu, byl by jejich součet nulový a jako řešení uvedených úloh by byl tedy nepoužitelný.

Zenon a eleaté věděli, jak létají šípy, jak běhají želvy, ..., ale zkušenost nepovažovali za důkaz toho, že se objekty pohybují. Svými paradoxy chtěli ukázat, že v řecké představě o číslech je něco v nepořádku.

To je ostatně obecná vlastnost paradoxů: ukázat, že v určitém oboru je něco v nepořádku nebo nějaký pojem není definován korektně. Řada paradoxů stála na přelomu 19. a 20. století u zrodu teorie množin, kterou tyto paradoxy pomohly zpřesnit, pomocí svých paradoxů přispěl i Albert Einstein v první polovině 20. století ke zpřesnění [kvantové mechaniky](#) (ač byl odpůrcem jejího matematického popisu), ...

Tím, že Řekové ztotožnili čísla s rozměry, ztotožnili je příliš těsně s hmotou. Čísla přitom, jakkoliv přesně hmotu popisují, hmota nejsou.

Až matematická analýza v 17. století ukázala, jak popsat mechanický pohyb a jak zacházet s nekonečně malými [veličinami](#) a nekonečně velkými veličinami.

Z hlediska mechaniky spočívá problém letícího a ležícího šípů v tom, že k jejich plnému popisu nestačí pouze konfigurační prostor popisující polohu daného [hmotného bodu](#) nebo tělesa. Tento prostor je totiž pro oba šípů stejný. Pro odlišení obou šípů je nutné vzít v úvahu i prostor rychlostí. Letící šíp je v prostoru rychlostí reprezentován nenulovým vektorem, zatímco stojící šíp je v tomtéž prostoru reprezentován nulovým vektorem. K popisu pohybu tedy jsou nutné oba prostory: jak konfigurační prostor, tak prostor rychlostí.

---

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

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