

Jak učím úvod do kinematiky

Milan Rojko¹, Gymnázium Jana Nerudy Praha

Kinematika hmotného bodu je v našem učebním plánu první z probíraných partií fyziky. Hlavní cíl při probírání popsaného tematu učiva vidím v tom, že se žáci seznamují s metodami práce fyziků, které se snažím výukou simulovat.

Rozsah a obsah učiva ukazuje níže uvedený úsek učebního plánu pro 1. ročník šestiletého gymnázia:

1. Pohyby (orientační hodinová dotace 10 vyučovacích hodin)

pohyb a klid tělesa jako změna, resp. stálost jeho polohy vzhledem k jiným tělesům	pozorování klidu a pohybu konkrétních těles
dráha jako délka trajektorie uražená tělesem	měření dráhy a času
rychlost rovnoměrného a průměrná rychlost nerovnoměrného pohybu, jednotky rychlosti	pozorování konkrétních rovnoměrných a nerovnoměrných pohybů, měření rychlosti, záznam průběhů pohybů a rychlostí tabulkou a grafem
rovnoměrně zrychlený pohyb, okamžitá rychlost, zrychlení a jeho vztah s okamžitou rychlostí	kresba a čtení grafů pohybů $s(t)$ a $v(t)$ pro rovnoměrný a rovnoměrně zrychlený pohyb

Pohyb hlemýžďe

V úvodní hodině žákům sdělím, že pod názvem „kinematika“ budeme rozumět hledání odpovědi na otázku, jak se pohybují různá tělesa. Stručněji – hledáme odpověď na otázky „Kdy?“ a „Kde?“. Po krátké úvodní diskusi žáci brzy objeví, jaké „nástroje“ při tom potřebují: „hodiny“ a „metr“. Že tato slova neznamenaají jen klasické stopky a primitivní truhlářský metr, je všem ihned jasné.

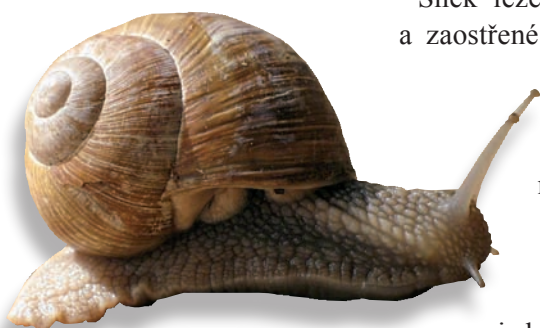
„Jakým pohybem ale začít, abychom vystačili s co nejjednodušším měřením času i polohy pohybujícího se objektu?“ zeptám se žáků. „Musí to být zřejmě něco, co se pohybuje hodně pomalu.“ Ještě se mi nestalo, že by se ve třídě nenašel vtípálek, který by nenavrhl použít hlemýžďe, a na to právě čekám. Pod katedrou mám několik hlemýžďů ve skleněné vaně s provlhlčenou trávou a to je ten můj tah, který hned první hodinu fyziky okoření z nemastné a neslané kaše na pikantní pokrm.

Šnek leze po vlhké skleněné desce položené na zpětný projektor a zaostřené na tabuli s balicím papírem. Tečky dělám u konce jeho „nohy“. Na začátku měsíce září, kdy tato hodina probíhá, nebyly zatím problémy s tím, že by hlemýžďi stávkovali. K měření času používám metronom nastavený na frekvenci 1 Hz.

Pohyb hlemýžďe zaznamenávám sám fixem tečkami u tabule v časových intervalech po 5 sekundách. Metronom udávající běh času svým ťukáním provází skandování všech žáků

„jedna, dva, tři, čtyři, **pět**“, „jedna, dva, tři, čtyři, **pět**“... Pro záznam

měření žáci dostávají pracovní list, který ukazuje obr. 1 s výsledky získanými v roce 2007.



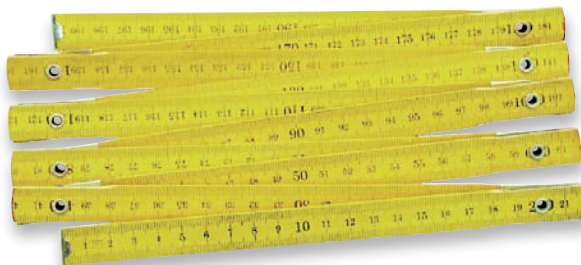
¹ milan.rojko@atlas.cz

KINEMATIKA

Kdy?



Kde?



Jak lezl šnek?

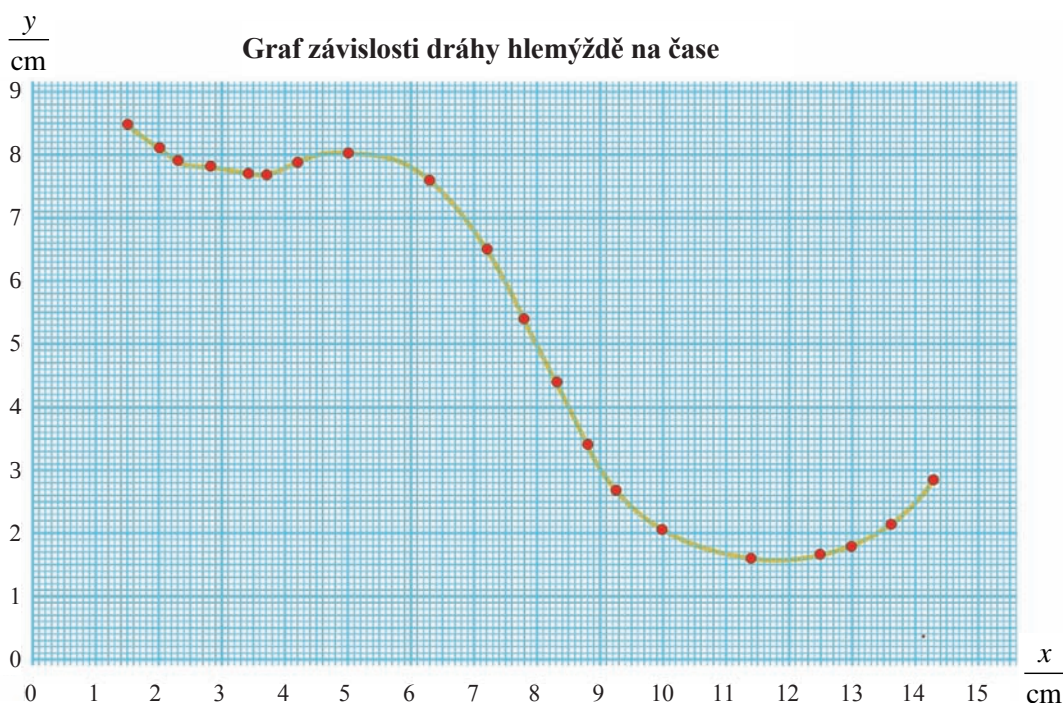


Tabulka

$\frac{t}{s}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$\frac{x}{mm}$	15	20	23	28	34	37	42	50	63	72
$\frac{y}{mm}$	85	81	79	78	77	77	79	80	76	65
$\frac{t}{s}$	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
$\frac{x}{mm}$	78	83	88	93	100	114	125	130	136	143
$\frac{y}{mm}$	54	44	34	27	20	16	17	18	21	28

Po ukončení záznamu pohybu (zpravidla kolem 20 bodů) promítneme zpětným projektorem na zakreslené body milimetrový rastr jako vztažnou soustavu. Orientaci úmyslně nevolíme standardní, ale natočenou tak, aby trajektorie probíhala napříč 1. kvadrantem.

Souřadnice jednotlivých teček čtou postupně jednotliví žáci přicházející k tabuli a všichni žáci tyto údaje znamenávají do pracovního listu, který si později vlepí do svého sešitu. Body z tabulky žáci zakreslí za domácí cvičení na milimetrový papír, nebo počítačové hvězdy nechají vykreslit pomocí Excelu.



Hodinu uzavírám uvedením několika pojmů.

Slizovou stopu, kterou hlemýžď zanechal na skle, nazveme *trajektorie*. Trajektorie s vyznačením časových značek je „časová trajektorie“. Znalost druhého pojmu není závazná.

V závěru hodiny, pokud to dovolí čas, vedu s žáky diskusi o tom, co dovoluje záznam tvrdit o pohybu šneka. Z různé vzdálenosti časových značek žáci snadno vyvozují, že hlemýžď neležel stále stejně rychle a dokáží z něj určovat, kdy lezl nejrychleji, resp. nejpomaleji. Také na otázku, jak by záznam vypadal, kdyby byl pohyb rovnoměrný, dokáží správně odpovědět.

Charakterizování rovnoměrného pohybu nejdříve nechávám vyslovit několik žáků pro myšlený pohyb hlemýžďe. Přitom vítám, že se formálně slovosledem nebo volbou pojmů liší (při věcné správnosti) zápisy v sešitech. Zajišťuji si tak, že se charakteristika rovnoměrného pohybu nestane formální fyzikální básničkou, kterou všichni žáci jednotně recitují. Příklad zápisu pro daný pohyb: „Kdyby se hlemýžď pohyboval rovnoměrně, tak by ve všech pěti sekundách popolezl stejně milimetrů“. Až v další konečné fázi společně vytváříme „definici rovnoměrného pohybu“ pomocí pojmů těleso, časové úseky, dráhy, a to opět v nejednotné formě.

Průměrná rychlost

Výuku věnovanou zavedení veličiny rychlost pohybu zahajujeme debatou o tom, zda by bylo možné na základě dvou podobných záznamů pohybů získaných z různých škol něco tvrdit o tom, jak rychlí byli testovaní hlemýžďi. Žáci vždy objevili, že sama vzdálenost značek na trajektorii (bližší značky $\Rightarrow$ pomalejší pohyb) není vhodným kritériem, protože roli hraje i volba časového úseku. K řadě jejich návrhů na sjednocení časového intervalu jsem jim sdělil, že ve fyzice v podobných případech volíme za časový interval jednotku času, nejčastěji jednu sekundu.

Náš hlemýžď ulezl za prvních 5 sekund dráhu 6 mm, na 1 sekundu tedy připadá dráha 1,2 mm.

Ríkáme, že *průměrná rychlost* hlemýžďe během prvních pěti sekund byla 1,2 milimetru za sekundu. To stručněji zapisujeme $v_p = 1,2 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$.

Mezi žáky potom rozdělím úkoly počítat průměrné rychlosti v různých časových intervalech a výsledky zapisují podle jejich hlášení do tabulky připravené na tabuli.

Příklad několika výsledků:

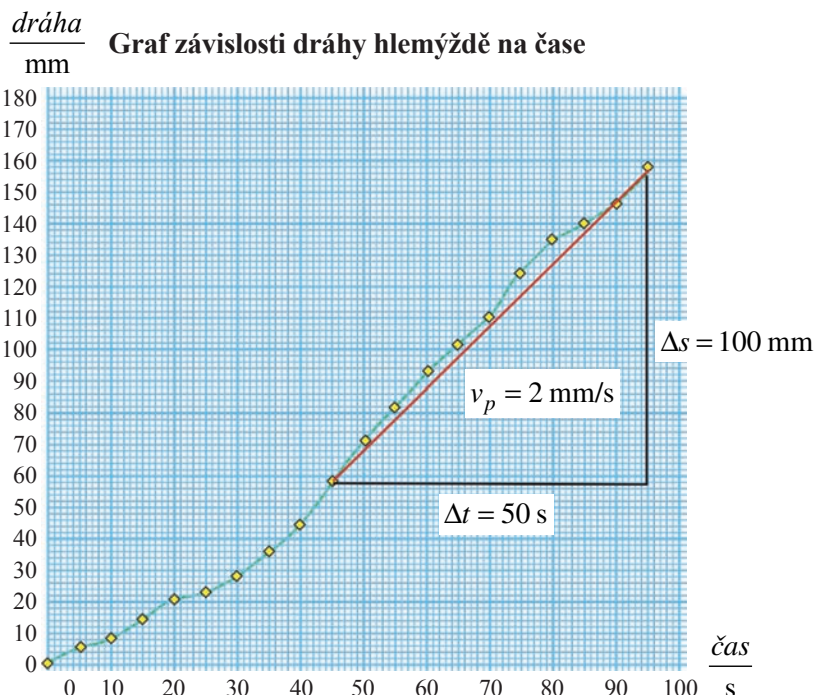
časový úsek s	0–5	5–45	45–95	15–20	20–25	0–95
průměrná rychlost mm/s	1,2	1,3	2,0	1,2	0,6	1,6

Získané výsledky žáci přenesou do svých sešitů a doplní zápisem:

$$\text{průměrná rychlost} = \text{dráha} : \text{potřebný čas} \quad v_p = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \text{ základní jednotka } [v_p] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zdůrazním, že průměrná rychlost je vždy svázána s určitým úsekem času, resp. dráhy.

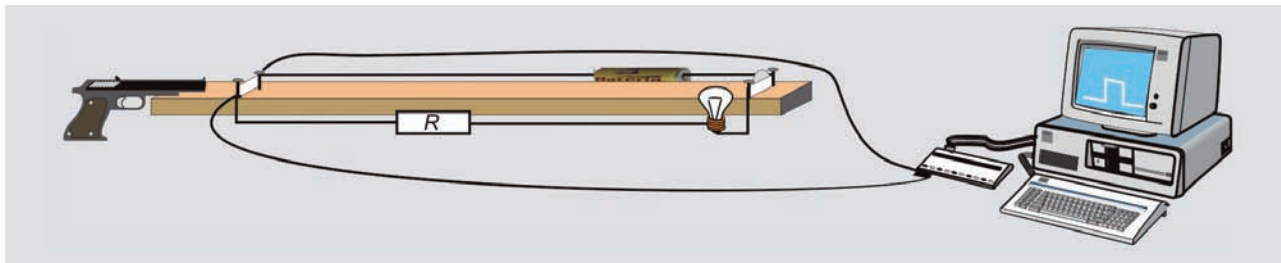
V dalšímведу žáky k nalezení grafického obrazu průměrné rychlosti v grafu závislosti dráhy na čase, který žáci obdrží, a jehož několik bodů ověří z grafu trajektorie svým měřením papírovým měřítkem.



Několik atraktivních měření rychlostí pomocí systému ISES

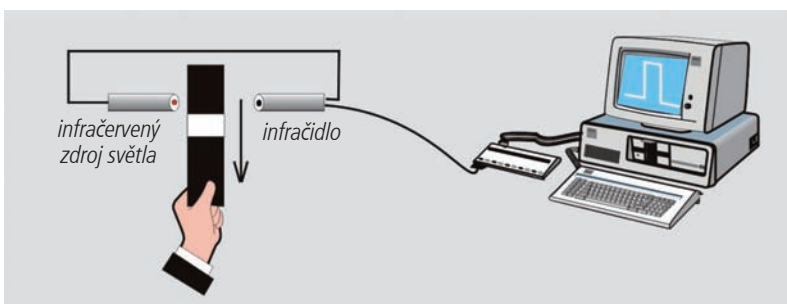
Výsledky zaznamenávají žáci na pracovní list, na kterém jsou i obrázky sestav.

měření rychlosti broku pomocí modulu voltmetru:



vzdálenost alobalových proužků $\Delta s = 1,2 \text{ m}$, doba průletu mezi proužky $\Delta t = 0,022 \text{ s}$,
průměrná rychlost na daném úseku $v_p = 55 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

měření rychlosti ruky pomocí optické závory

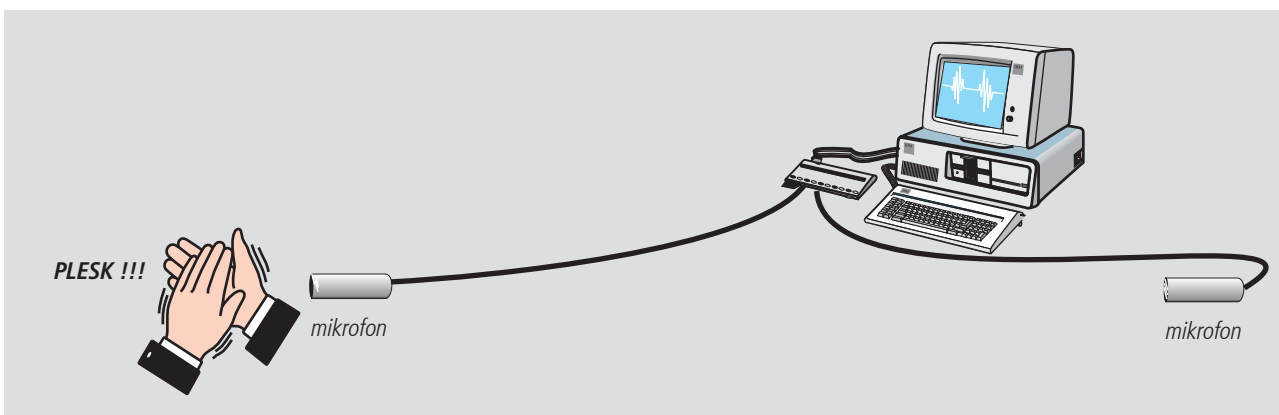


šířka štěrbin $\Delta s = 0,03 \text{ m}$

dobu průletu $\Delta t = 0,006 \text{ s}$

průměrná rychlost $v_p = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

měření rychlosti zvuku dvojicí mikrofónů

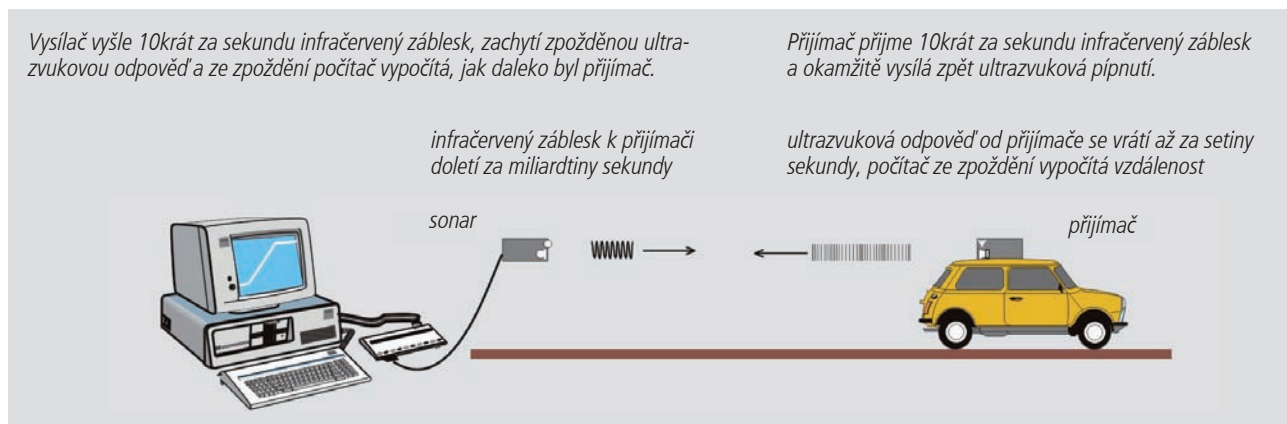


vzdálenost mikrofónů $\Delta s = 6,0 \text{ m}$, doba mezi záznamy zvuku $\Delta t = 0,018 \text{ s}$,
rychlost zvuku $v_p = 330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Využití modulu sonar systému ISES

V dalších hodinách se věnujeme vcelku tradičnímu měření rovnoměrného přímočarého pohybu (pomalé autíčko), jeho rychlosti a záznamu závislosti jeho dráhy na čase tabulkou a grafem. Začínáme opět nejprimitivnější formou záznamu pomocí značek, které několik žáků klade podél trajektorie autíčka na katedru podle rytmu metronomu. Potom žákům ukáží pohodlnější způsoby registrace opět užitím systému ISES s modulem sonar.

Na obrázku je pracovní list s vysvětlením činnosti modulu sonar systému ISES, který si žáci vlepují do svých sešitů.



Závěr

Na závěr bych chtěl uvést, že hlavní cíl při probírání popsaného tématu učiva vidím v tom, že se žáci seznámují s metodami práce fyziků, které se snažím výukou simulovat. I v následujících hodinách se pak soustředí na záznam pohybů grafem a na trénink jejich čtení. Graficky řešíme i většinu kinematických úloh na rovnoměrné pohyby. Popis pohybů grafy $s(t)$ a $v(t)$ a čtení těchto grafů je klíčovou znalostí i při zkoušení a hodnocení žáků.