



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Jan Fejt

Učebnice ve fyzikálním vzdělávání u nás a ve Finsku

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Martina Kekule, PhD.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Učitelství fyziky – Učitelství matematiky

Praha

2022

Děkuji Martině Kekule za vedení práce a svým rodičům Soně a Václavu Fejtovým za trpělivost.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V dne.....

podpis

Název práce: Učebnice ve fyzikálním vzdělávání u nás a ve Finsku

Autor: Jan Fejt

Katedra / Ústav: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Martina Kekule, PhD, Katedra didaktiky fyziky

Abstrakt: Práce porovnává české a finské učebnice fyziky na úvodních kinematických tématech poloha, rychlost a dráha. Práce srovnává aparát úloh, jimiž jsou učebnice vybaveny. Zmiňuje vliv neterminologických významů lexémů na jejich používání jako termínů. Práce také shrnuje vývoj a současnost finského vzdělávacího systému a porovnává rozsah výuky fyziky českého gymnázia a finské všeobecně vzdělávací střední školy.

Klíčová slova: učebnice, fyzikální vzdělávání, elektronické učebnice

Title: Physics textbooks in the Czech Republic and Finland

Author: Jan Fejt

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Marina Kekule, Ph.D., Department of Physics Education

Abstract: The thesis compares Czech and Finnish physics textbooks on the introductory kinematic topics of position, velocity and distance. The paper compares the apparatus of tasks with which the textbooks are equipped. It mentions the influence of non-terminological meanings of lexemes on their use as terms. The thesis also summarises the development and the present of the Finnish education system and compares the scope of physics teaching in the Czech and the Finnish general education upper secondary school.

Keywords: textbooks, physics education, e-textbooks

Obsah

Úvod	1
1. Finské školství	2
1.1. Historie a současnost finského školství	2
1.2. Lukio a fyzika na střední škole	4
2. Srovnání učebnic fyziky	9
2.1. Výběr učebnic	9
2.2. Lexémy, termíny a prekoncepce	10
2.3. Rychlost	12
2.4. Dráha rovnoměrně zrychleného pohybu	26
2.5. Fyzikální úlohy	32
3. Pracovní list	45
Závěrem	49
Seznam použité literatury	51
Příloha 1 – slovník pojmů	52
Příloha 2 – pracovní listopad	53

Úvod

Finské školství si získalo věhlas nejen dlouhá léta udržovaným primátem v mezinárodním šetření PISA. Tato práce si klade za cíl přispět svojí špetkou k odhalení některých prvků, na nichž tento úspěch stojí. Analýza učebnic v cizím jazyce je v dnešní době díky strojovým překladačům možná i bez oficiálního překladu do jazyka, který výzkumník ovládá. Díky tomu se můžeme podívat, v čem se liší a v čem se podobají finské a české učebnice fyziky.

1. Finské školství

1.1. Historie a současnost finského školství

Vzdělávací systém ve Finsku byl do 70. let 20. století obdobný systému rakousko-uherskému. Děti nastoupily k společné povinné školní docházce v 6 letech. Po 4 letech docházelo k diverzifikaci žáků. Mohli nastoupit na obdobu naší měšťanské školy nebo na gymnázium. Absolventi měšťanky se mohli následně vyučit řemeslu, možnost akademického vzdělání jim byla uzavřena. Pro něj musel žák absolvovat nižší a vyšší sekundární vzdělání. Diverzifikace žáků podle vzdělání kopírovala společenský a movitý status rodin, z nichž žáci pocházeli, vzdělání se tak podílelo na přenosu třídní příslušnosti obyvatelstva.

V 70. letech 20. století došlo ve Finsku k dramatické školské reformě. Zavedena byla jednotná devítiletá základní škola (*f. yhtenäiskoulu*¹) pro žáky ve věku 7–16 let, na které navazovala tříletá všeobecně vzdělávací škola (*f. lukio*), obdoba českého čtyřletého gymnázia, nebo tříleté odborné vzdělání. Klíčový rozdíl oproti stavu před reformou byla pozdější karierní volba a skutečnost, že i absolvent odborného vzdělání skládal maturitu a mohl se ucházet o studium na vysoké škole. Tato podoba primárního a sekundárního vzdělávání je ve Finsku dodnes.

Vysoké školy jsou dvojího typu. Jednak univerzity (*f. yliopisto*), které zprostředkovávají plnou šíři akademického vzdělání od bakalářských, přes magisterské po doktorské stupně. Jednak polytechniky (*f. ammattikorkeakoulu*), na nichž je výuka zaměřena praktičtěji a vzdělání jimi poskytované končí magisterským stupněm. Jejich absolventi ale mohou pokračovat v postgraduálním studiu na univerzitě.

Předškolní vzdělávání (*f. varhaiskasvatus*, oficiální angl. překlad ECEC – early childhood education and care) navštěvují děti do věku sedmi let. Poslední dva roky jsou povinné (childhood education) a děti v nich mají pravidelnou výuku. Nelze tedy jednoznačně říci, že finské vzdělávání začíná až v sedmi letech, neboť věkově jsou na tom de facto stejně jako děti v Česku, kde je od roku 2017/18 povinná školní

¹ Slovníček s finskými pojmy je uveden v příloze 1

docházka dětí od 5 let.² V posledních letech zvažují ve Finsku sjednotit předškolní výuku s prvními dvěma ročníky základní školy do jednoho zařízení.

Základní škola se dělí na dva stupně. První stupeň je šestiletý, druhý tříletý. Na prvním stupni učí obdobně jako u nás většinu předmětů třídní učitel. Specializovaní učitelé učí především cizí jazyky: angličtinu a švédštinu. Oba jazyky jsou pro všechny Finy povinným předmětem. Po absolvování druhého stupně postupují na střední školu (*f. keskikoulu*). Přijímání jsou na základě průběžných výsledků studia na základní škole, i když některé školy mohou v přijímacím řízení zohlednit i výsledek přijímací zkoušky.

Z kraje nového století přibyla Finsku další významná reforma, tentokrát reforma odborného středního vzdělávání. Do té doby měly odborné školy výrazně horší reputaci než *lukia*. Byly to školy pro ty, kdož se na *lukio* nedostanou. Reforma zahrnovala změny ve vzdělávacích plánech, podporu spolupráce s firmami a např. každoroční soutěžní veletrh v odborných dovednostech. Dnes, přibližně po 20 letech od zavedení změn, se prestiž odborného vzdělávání dostala na úroveň vzdělání všeobecného. Známý jsou i situace, v nichž školák musel na *lukio*, protože se nedostal na odbornou školu. (Heimovaara, 2021)

Poučení z reformy zní, že jejich výsledky se projeví až po desítkách let. Reforma výuky angličtiny se přeorientovala ze studia jazyka jako systému na porozumění a schopnost se vyjádřit. Jako důsledek této taktiky dnes umí ve Finsku mluvit anglicky s jen malou nadsázkou každý. Prodavačka v samoobsluze mluví anglicky. Prodavačka v obchodě se sportovním oblečením mluví anglicky. Kuchařka v menze mluví anglicky. Údržbář na kolejích mluví anglicky. Podnapilý pobuda, kterého autor potkal po půlnoci na náměstí, si uměl anglicky říci o cigaretu. To vše jsou zkušenosti z města Jyväskylä o 137 tisících obyvatelích, a ne z nějaké kosmopolitní metropole.

Druhý, pro náš obor zajímavější výsledek, je v 90. letech započatý a dlouhá léta udržovaný primát finských žáků v šetření PISA v přírodovědné gramotnosti. V posledních letech sice o pár příček poklesli, předechnáni mj. Estonci, nicméně jejich skóre je stále solidní. V roce 2006 měli z přírodovědné části 563 bodů, v roce 2018 522 bodů. Česká republika měla v roce 2018 497 bodů.

² <https://www.msmt.cz/vzdelavani/predskolni-vzdelavani/nejcastejsi-dotazy-k-predskolnimu-vzdelavani-aktualizace-k> [10.7.2022]

Konečně příklad s reformou odborných škol ukazuje, že reforma vzdělávání potřebuje nejméně 20 let, aby naplno přinesla kýžené ovoce. Vzdělávací strategie 2030+ by se měla jmenovat a být zamýšlena jako 2050.

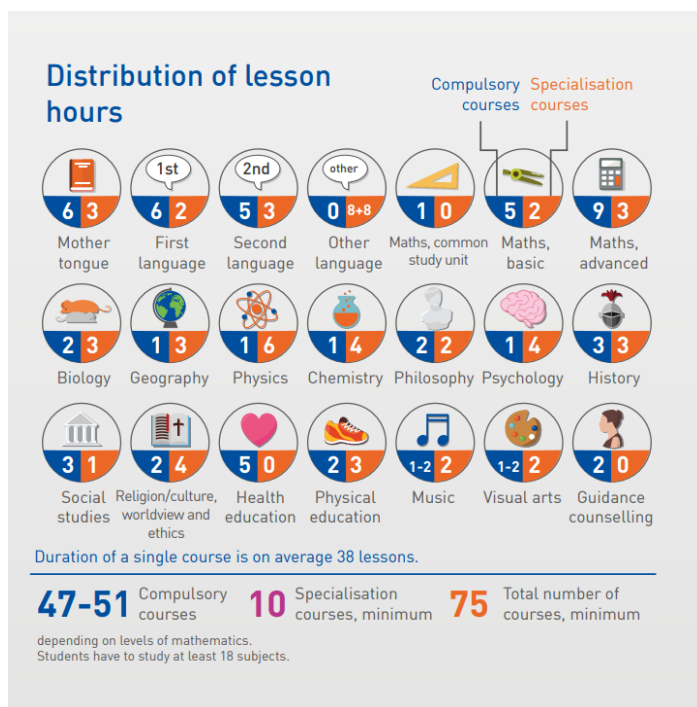
1.2. Lukio a fyzika na střední škole

Lukio je jediný typ finské všeobecně vzdělávací střední školy. Její náplní je připravovat žáky k vysokoškolskému studiu. Na *lukio* nastupují žáci po dokončení všeobecné devítileté základní školy, ve věku 16–17 let. Studium je koncipováno na tři roky, nicméně díky modulární podobě výuky, ve které nejsou jednotlivé kurzy spjaty s konkrétním ročníkem, je možné školu dokončit v rozmezí dvou až čtyř let. Čtyři roky je zákonem daná maximální doba studia. 72 % procent studentů dokončí *lukio* za tři roky. Na *lukiu* studuje 56 % středoškoláků.

Předměty jsou vyučovány v podobě kurzů. Jeden kurz má rozsah přibližně 38 vyučovacích hodin, přičemž vyučovací hodina na *lukiu* trvá 55 minut. Školní rok je členěn do pěti až šesti období. V jednom období student plní pět až šest kurzů. Po splnění potřebného počtu 75 kurzů jsou připuštěni ke složení maturitní zkoušky. Maturitní zkoušku skládají ze čtyř předmětů, a to z mateřského jazyka, druhého národního jazyka, cizího jazyka a matematiky. Jednu ze zkoušek vyjma mateřského jazyka lze nahradit zkouškou z humanitních nebo přírodovědných předmětů, např. zkouškou z fyziky. (Karhu 2018)

Každý předmět má povinné a nastavbové volitelné kurzy. Předměty s největší hodinovou dotací jsou matematika, vyučovací jazyk a anglický jazyk. Všechny mají 6 povinných kurzů a 2–3 kurzy nastavbové. Takto vysoká dotace nás vzhledem k tomu, že se jedná o povinné maturitní předměty, nepřekvapí. Pokud si student zvolí studium matematiky na vyšší úrovni, čeká ho 10 povinných a 3 nastavbové kurzy, čímž se stane zdaleka nejdotovanějším předmětem. Vyšší úroveň matematiky si v roce 2017 zvolilo netriviálních 42 % studentů. Přírodní a sociální vědy mají jednotlivě dotace povinných kurzů mezi jedním a třemi. Fyzika, chemie a zeměpis mají po jednom povinném kurzu a chemie má povinné kurzy 2, nicméně fyziku lze studovat v 6 nastavbových kurzech, čímž se dostává v celkovém počtu kurzů na první místo před všechny přírodní i humanitní vědy. Přesahuje také kurzy estetických, sportovních, zdravotních a seberozvojových předmětů. Zdravotní výchova se vyučuje v rozsahu pěti povinných kurzů. Tím se řadí na laťku pod jazyky s matematikou, ale nad všechny ostatní předměty. Nicméně již nemá žádné

nástavbové kurzy. Student, který využije potenciálu studia fyziky na *lukiu* naplno, stráví s tímto předmětem nejvíce času hned po matematice a jazycích.



Obr. : Rozvržení vyučovacích hodin. (Karhu 2019)

Při pohledu na vysokou dotaci matematiky na finských školách (obr. výše) by mohlo čtenáře napadnout, jak je na tom *lukio* v porovnání s českým gymnáziem. Nižší úroveň matematiky se vyučuje s dotací 5/2 kurzy, vyšší se vyučuje s dotací 9/3. Přepočteno na 45minutové vyučovací hodiny dostaneme 232/94, celkem 325 hodin, resp. 417/139, celkem 556 hodin (přip. že finská vyučovací hodina trvá 55 minut). Gymnázium Arcus vyučuje matematiku s dotací 4 4 3 3/0 2 2 2, Gymnázium Havlíčkův Brod 4 4 4 4 / 0 0 2 2. Přepočteno na vyučovací hodiny dostaneme 435/180, celkem 615 hodin, resp. 492/114, celkem 606. Vidíme tedy, že dotace matematiky na *lukiu*, zvolí-li si student všechny dostupné kurzy, je o 50, resp. 59 hodin nižší než na našich gymnáziích. Finská dotace odpovídá v případě nižší úrovně týdenní dotaci 7/3, pro vyšší úroveň 12,5/4,5. Minimální dotace matematiky na *lukiu* je tedy poloviční oproti gymnáziu Arcus (14) a méně než poloviční oproti Gymnáziu Havlíčkův Brod (16). Maximální dotace je 17 hodin oproti 20 hodinám na gymnáziích. (Karhu 2018, 2019) (ŠVP Arcus) (ŠVP GHB)

Finové stráví s výukou matematiky méně času. To nabízí mnoho otázek. Jaká je skladba studentů dle počtu kurzů, které absolvují? Jak se liší vzdělávací obsah od toho na českých školách, učí se toho Finové méně nebo více? Kolik času tráví samostudiem a mimořádným doučováním? A umí toho ve výsledku méně nebo více,

než čeští gymnazisté? Pokud by se ukázalo, že tráví učením se méně času a umí toho ve výsledku stejně nebo více, stálo by za to se zeptat, co bychom mohli dělat lépe. To jsou ale spekulace, museli bychom nejprve nalézt odpověď na výše položené otázky, což je ale mimo záběr této práce.

Porovnejme kurikulární plány Finska a Česka. LOPS19 pro *lukio* má 400 stránek v porovnání s RVP G 21, které má 100 stránek. LOPS je zkratka z *Lukion Ipetussuunnitelman perusteet*, v oficiálním anglickém překladu *National core curriculum*. Fyzice věnují dokumenty 9 stránek, Češi 2 stránky. Vzdělávací obsah RVP pro fyziku má podobu *očekávaných výstupů* a *učiva*, přičemž nediktuje, v jakém pořadí a v jakých ročnících se má škola tomu kterému tématu věnovat. Vzdělávací obsah LOPS19 má podobu *cílů* a *klíčových obsahů* pro každý modul, do nichž je obsah přímo v tomto dokumentu vydaném Finskou národní agenturou pro vzdělávání rozdělen. Není sice tak striktní jako bývalé české osnovy, ale blíží se svou podrobností školním vzdělávacím programům. České *učivo* odpovídá finskému *klíčovému obsahu*, liší se jen v tom, že *klíčový obsah* je podrobněji rozepsán. České *očekávané výstupy* používají formulace typu: žák objasní, využívá, navrhne, porovná. Finské *cíle* obsahují všechna tato slovesa, navíc tam najdeme i formulace typu: student se seznámí, pozná, získá zkušenost. (RVPG21, LOPS19)

Jak bylo řečeno výše, LOPS19 člení učivo do dílčích modulů, které přímo odpovídají jednotlivým kurzům vyučovaným na *lukiu*. Také určuje, co je součástí povinného a co je součástí nastavbového studia. Moduly povinné fyziky jsou

- FY1 Fyzika jako věda,
- FY2 Fyzika, životní prostředí a společnost.

Tyto dva moduly se vyučují v rámci jednoho kurzu. V následujících nastavbových modulech již jeden modul odpovídá jednomu kurzu. Jsou jimi

- FY3 Energie a teplo
- FY4 Síla a pohyb
- FY5 Periodický pohyb a vlny
- FY6 Elektřina
- FY7 Elektromagnetismus a světlo
- FY8 Hmota, záření a kvantování

Celková dotace výuky fyziky je ve Finsku, přepočteno na 45minutové vyučovací hodiny, 46,4/278,7 pro povinný, resp. nastavbové kursy, celkem 325,1

vyučovací hodiny. Dotace pro gymnázium Arcus je 279/114, celkem 393 vyučovacích hodin. Finové si mohou rozhodnout o 86 % výuky fyziky, zdali jí absolvují či nikoliv, na gymnáziu Argus to je 29 %. Nepodařilo se již zjistit, zdali si můžou v konkrétním předmětu Finové volit pouze některé nastavbové předměty, nebo zdali se vyučují stylem „všechno, nebo nic.“

Povinné penzum fyziky je v Česku 6krát vyšší než ve Finsku. Nejméně se s Finy lišíme v maximální možné výuce fyziky – tj. když si student zvolí všechny povinné i rozšiřující předměty – na Arcusu je to o 20 % více odučeného času. Pokud bychom měli nižší dotaci fyziky, např. 2+2+2,5+0 povinnou výuku a 0+0+2+2 seminář, dostali bychom se na 328,5 hodin, což je téměř totožné s finskou hodinovou dotací. Liší se o 1 %.

Čím se Finové v povinném kurzu zabývají? V našich podmínkách slouží volitelné fyzikální předměty k rozšíření látky z povinné výuky a následně k přípravě na maturitní zkoušku, kdežto Finové na nich probírají zbrusu novou látku.

Podívejme se na obsah [P1]³, abychom získali představu o obsahu povinného kursu finské fyziky. [P1] je revidované vydání z roku 2009. Oproti současnému stavu se tedy může lišit, je to ale nejnovější učebnice úvodního kursu, již máme k dispozici. Názvy kapitol jsou:

1. Fyzika jako přírodní věda
2. Veličiny a jednotky
3. Rovnoměrný pohyb a rychlost
4. Proměnný pohyb a zrychlení
5. Interakce a síla
6. Energie v přírodě
7. Záření – vlny a částice
8. Struktury a základní interakce

1. kapitola se zabývá fyzikou v kulturních a vědeckých dějinách, vztahem vědy a technologií. 2. kapitola se krom fyzikálních veličin a jednotek zabývá také fyzikálním měřením a tvorbou modelů. Kapitoly 3 a 4 obsahují kinematiku, kapitola 5 dynamiku. 6. kapitola probírá zákony zachování energie a přeměny energií. 7. kapitola se krom elektromagnetického záření zabývá různými druhy ionizačního

³ Finská učebnice úvodního kursu fyziky. Více o ní v kapitole 2.

záření, jeho přítomnosti a jak se předním chránit. Poslední, 8. kapitola, obsahuje mikroskopický a makroskopický pohled na svět – atomy a vesmír.

Porovnejme časovou dotaci pro výuku mechaniky. Pro porovnání využijeme tematický plán pro kvintu gymnázia Arcus 9. Porovnááme s tematickým plánem a ŠVP tohoto ústavu, protože je máme k dispozici. Existuje-li kvantitativní výzkum tematických plánů a ŠVP, nenalezli jsme jej. Finský modul *Síla a pohyb* obsahuje

- rovnoměrný a rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb,
- vzájemné působení těles a Newtonovy zákony,
- hmotnost a tření,
- kinetickou, potenciální a mechanickou energii,
- zachování mechanické energie a energetický princip mechaniky
- hybnost, impuls síly, zachování hybnosti a jednorozměrné srážky.

V porovnání s tematickým plánem Arcu postrádáme pohyb po kružnici, moment síly a moment hybnosti, gravitační pole a mechaniku kontinua. Kruhový pohyb a jemu příslušné momenty spolu s gravitačním zákonem jsou obsaženy v modulu FY5 Periodický pohyb a vlny.

Modul FY4 Síla a pohyb má rozsah 38 vyučovacích hodin po 55 minutách, což je 2090 minut = 34,8 hodiny = 46,4 české vyučovací hodiny. Tematický plán pro Argus 9 počítá s 16 vyučovacími hodinami pro kinematiku hmotného bodu (po odečtení rovnoměrného pohybu po kružnici), 16 hodinami pro dynamiku (po odečtení neinerciálních soustav) a 14 hodin pro mechanickou práci a energii. V součtu 46 vyučovacích hodin. To je téměř totožná hodinová dotace na vytyčené téma.

2. Srovnání učebnic fyziky

V rámci této kapitoly se zaměříme na rozbor a komparaci současných učebnic a výukových textů. Ukážeme, co je charakterizuje, v čem vynikají a v čem je jejich užívání nepřijemné. Srovnání provedeme na úvodních pojmech kinematiky: zavádění pojmu rychlosti, odvození veličinové rovnice pro výpočet dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu a na srovnání řešených a neřešených úloh.

2.1. Výběr učebnic

Z textů české provenience se podíváme na publikaci *Fyzika pro gymnázia – Mechanika* autorů Bednařík, Šíroká. K dispozici máme dvě vydání. Jedno z roku 1993, druhé z roku 2000. V textu na ně bude odkazováno značkou [BŠ93] resp. [BŠ00]

Vipu 4 (LOPS21) — FY4 Voima ja liike (česky *síla a pohyb*) autorky Mirjami Kiuru a kol. je finská elektronická učebnice, odkazová značka [O]. Elektronickým učebnicím v této zemi předcházely tištěné učebnice *Fysiikka 4 - Liikkeen lait* od Heikki Lehta a kol, značka [F4] a *Physica I - Fysiikka luonnontieteenä* Jukka Hataky a kol, značka [P1].

Licence k užívání elektronické webové učebnice *Voima ja liike* nakladatelství Otava byla volně veřejností k zakoupení. Obdobná publikace nakladatelství Sanoa byla k zakoupení pouze po prokázání, že zájemce je finský student. Nakladatelství jsme v této záležitosti kontaktovali, nicméně i skrze osobní komunikaci nakladatelství sdělilo, že učebnice veřejnosti k dispozici není. Je to škoda, neboť se takto nemůžeme podívat na různé přístupy k tvorbě elektronické učebnice.

Ač nejsou předmětem veškeré komparace, občas nahlédneme do zahraničních učebnic pro další srovnání. *Fyzika pre gymnázia - síla a pohyb* od Jozefa Beňušky z roku 2014 [BEN]. Anglicky psaná publikace *Physics for the I.B. Diploma* napsaná řeckým pedagogem T. A. Tsokose pro středoškolský výukový program vyvinutý ve Švýcarsku vydaná Cambridge Pressem v roce 2014 (6. vydání) [IB].

Partie z finských tištěných učebnic jsme přeložili pomocí automatického překladatele DeepL⁴. Překlad nalezne čtenář spolu s původním textem v příloze. Elektronická učebnice byla studována pomocí rozšíření prohlížeče Google

⁴ <https://www.deepl.com/translator> [20. 7. 2022]

Translate⁵. Citované pasáže jsou přeloženy v DeepL, neboť na základě subjektivního srovnání měl lepší výsledky. Dále jsme ke zkoumání finských učebnic používali portál bab.la⁶, který obsahuje překlady celých frází. Pomohl tak velmi k pochopení významových odstínů jednotlivých slov.

2.2. Lexémy, termíny a prekoncepce

Fyzika má oproti jazyku výhodu, že každý pojem přesně definuje. Jazyk je ale proměnný, jeho vývoj je určen jeho používáním, a jazykověda má na význam slov pramalý vliv. Zbývá jí jejich popis, snaží se o co nejširší zachycení všech významů konkrétního slova. Zachytit je všechny je sisyfovský úděl. Každý význam má mnoho odstínů, a další významy vznikají z potřeby popsat nově vznikající skutečnosti. Didaktika fyziky však musí – oproti fyzice samotné – s intuitivním pochopením slov, s neterminologickým užíváním lexémů, počítat (Mandíková, Trna, 2011). Jedná se o neopomenutelnou součást výuky fyziky, o prekoncepce, které si žáci do výuky přinášejí, o lešení, pomocí něhož stavíme chrám pochopení přírody. Žákovi však musí být odhaleno, že lešení se nakonec strhne, a zůstane struktura tvořená pouze přesně definovanými termíny a matematickými vztahy mezi nimi.

Učebnice fyziky si musí být vědoma neterminologických významů pojmů, jako si musí být vědoma fyzikálních prekonceptů. Hlavní důvod je ten, aby vedle terminologických významů neexistoval v žákovi paralelně i význam neterminologický bez toho, aniž by si to žák uvědomoval. Taková skutečnost může stěžovat chápání problematiky.

Př.: Za klidný jsme automobil označili proto, že se nemění jeho poloha vzhledem k okolním budovám, stromům apod. - to znamená, že se **nemění jeho poloha** vzhledem k povrchu Země. [BŠ00] (s. 25)

Žák: Když se posadím na otočnou židli a budu se kroutit tam a zpět, moje poloha se nemění, přesto nemůžete tvrdit, že jsem v klidu!

Žák se drží prekonceptního významu slova klid. Jak může učebnice pomoci s vyjasněním nejasnosti? Vhodně zavedenou terminologií. Finské učebnice rozlišují

⁵ <https://translate.google.com/> [20. 7. 2022]

⁶ <https://en.bab.la/dictionary/finnish-english/nopeus> [20. 7. 2022]

termíny *paikka* (poloha) a *asento* (natočení, orientace). V neterminologickém užití není jejich význam dokonale oddělen, v některých kontextech se jedná o synonyma. Finské učebnice ale pojmy zavádí jako dva různé termíny. Vysvětlují je hned v předmluvě při klasifikaci pohybů: „Etenemisliikkeessä kappaleen *paikka* muuttuu, pyörimisliikkeessä kappaleen *asento* muuttuu.“ Při posuvném pohybu tělesa se mění *poloha*, při otáčivém pohybu tělesa se mění *natočení*. [F4] (s. 5) S takto definovanými pojmy je snadné vysvětlit rozdíl mezi tělesem v klidu z hlediska posuvného pohybu a tělesem v klidu z hlediska rotačního pohybu.

Znalec [BŠ00] namítne, že celá 2. kapitola se týká kinematiky hmotného bodu, natáčení tělesa je tedy vyloučeno. Zavedení pojmu *hmotný bod* najdeme hned v prvních dvou odstavcích, těsně před zavedením klidu a pohybu. Tady se vracíme zpět k neterminologickým významům slov. Nová slova či nové významy známých slov se neučíme jako matematické definice, ale učíme se je skrze kontext, v němž jsou používány. Učebnice fyziky postupují často podobně. Používají kontext předchozí zkušenosti žáka k ilustraci konceptů nebo přímo pro zavádění nových pojmů. V případě [BS00] používají k ilustraci mechanického pohybu a klidu prokazatelně trojrozměrných těles:

„Pozorujeme-li tělesa kolem sebe, vidíme, že některá jsou v klidu, zatímco jiná se pohybují (odkaz na předem známý neterminologický význam lexému, pozn. aut.). Jako příklady těles, která jsou v klidu, můžeme uvést budovy, telegrafní sloupy, zaparkované automobily.“ [BŠ00] (s. 25)

Nemůžeme na jednu stranu požadovat přísně matematické chápání textu a nezmiňovat věci, které jsou předchozím implikované, a na druhou stranu stavět na intuitivním pochopení slov a intuitivním doplňování nevyslovených předpokladů.

Středoškolská učebnice fyziky musí být psaná srozumitelně. Má také stavět na žité zkušenosti čtenáře, ale měla by si být vědoma situací, ve kterých se dopouští zjednodušení, ve kterých zachází s matematicky definovatelnými pojmy jako s primitivními pojmy a uvědomovat si, kdy tím může u žáků zasít nepochopení. Stejně tak by se měla vyvarovat zatajování předpokladů (zabýváme se pouze posuvným pohybem hmotného bodu) a důsledně odlišovat, kdy z obyčejného slova vytváří termín (...vidíme, že je v klidu...za klidný jsme jej označili proto, že se nemění jeho poloha).

V textu se mimo jiné pokusíme ukázat, že všechny zkoumané učebnice někdy používají slova v jiném významu, než v jakém byly definovány. Příčina může být v neterminologických významech slov a s nimi spojenými prekoncepty.

2.2. Rychlost

Rychlost je časová derivace polohy. Ve školské fyzice 1. ročníku gymnázia, kdy se mechanika obvykle vyučuje, žáci neznají pojem derivace. (ŠVP Arcus, ŠVP GHB) Kvůli tomuto problému se definice pojmu stává složitější více, než by se na první pohled mohlo zdát.

Podívejme se, jak je rychlost chápána neterminologicky, tudíž jaká je možná prekoncepte tohoto termínu. Slovník spisovné češtiny⁷ uvádí tři významy: 1) *míra pohybu n. činnosti v poměru k potřebnému času*, 2) *vlastnost toho, kdo (n. co) je rychlý; spěch, kvap, chvat, hbitost, čilost* a 3) *rychlostní stupeň*. V 1. významu leží náš zájem. Rychlost je míra změny čehokoliv, nejen polohy. Rychlost internetu, rychlost výstavby nových bytů, rychlost epidemie. Takové rychlosti se měří v Mb/s, počtu bytů za rok či nových případů nákazy za týden. Příruční slovník jazyka českého⁸ uvádí příklad *Čas letí bleskovou rychlostí*, což je vlastně změna času...v poměru k času. Další, poněkud zamaskovaný význam rychlosti, je krátká doba mezi dvěma událostmi, např. *rychlost zásahu složek IZS*. Může tím být myšleno jednak že operace samotná trvala krátkou dobu, ale také že od nahlášení události po příjezd vozidel IZS uběhla krátká doba. Rychlost se používá jako synonymum ke krátkému časovému intervalu.

Neterminologický význam slova rychlost v sobě nezahrnuje směr pohybu. Proto je přirozené, že budeme sklouzávat k používání termínu *rychlost* ve významu *velikost rychlosti*.

Bednařík, Široká 2000

„Průměrná rychlost v_p je podíl dráhy s a času t , za který hmotný bod urazí tuto dráhu: $v_p = s / t$.“ V dalším odstavci hovoří o bližší nespécifikované *rychlosti*: „Během pohybu se rychlost může měnit.“ (s. 31) Z kontextu je tím myšlena okamžitá rychlost, ta se ale zavádí až na další straně. Starší vydání učebnice zavádí pojmy průměrné rychlosti a okamžité rychlosti v opačném pořadí (více níže). Jedná se tedy

⁷ <https://prirucka.ujc.cas.cz/?slovo=rychlost> [21. 7. 2022]

⁸ <https://psjc.ujc.cas.cz/> [21. 7. 2022]

opravdu o okamžitou rychlost. V tomto vydání učebnice došlo k přesunu odstavců a tím k narušení kontinuity výkladu.

„Pak trajektorii rozdělíme na intervaly o délce Δs a určíme doby Δt , za které vozidlo urazí jednotlivé úseky. Průměrná rychlost na daném úseku trajektorie je dána vztahem $v_p = \Delta s / \Delta t$.“ (s. 31)

Proč zavádí nejprve průměrnou rychlost jako $v_p = s / t$ zápětí jako $v_p = \Delta s / \Delta t$? Z vlastní zkušenosti známe dotazy: Pane učiteli, jak to tedy je, proč tam někdy jsou deltičky a jindy zase ne? První definici, tu bez deltiček, si mohla knížka odpustit. Podíváme-li se do starší verze, zjistíme, že původně je vzorec bez delt uveden jako vzorec pro „**průměrnou rychlost**, který znáte ze základní školy“ (s. 34, BŠ93). V novější učebnici je ale definice obsahující základoškolský vzorec vysázená tučně a opatřená rámečkem. Zbytečně upozorňujeme na vzorec, který chceme pouze připomenout.

„Rychlost (jaká? Z kontextu průměrná, pozn. autora) určená pomocí dvou velmi blízkých bodů se nazývá **okamžitá rychlost**.“ (s. 32) Pokud jsme již zavedli termín *průměrná rychlost*, měli bychom jej používat, a to v situacích, kde by mohlo dojít k záměně s okamžitou rychlostí. V tomto případě v situaci, kde se jeden termín definuje pomocí druhého.

V zápětí následuje text v rámečku „**Velikost okamžité rychlosti** v daném bodě trajektorie a v daném čase je definována jako průměrná rychlost ve velmi malém časovém intervalu na velmi malém úseku trajektorie. [...] **Okamžitá rychlost**...je jednoznačně určena, známe-li také její **směr** [...] Okamžitá rychlost má vždy směr tečny k trajektorii hmotného bodu v daném bodě trajektorie“ (s. 32)

V odstavci s modrým pruhem značícím rozšiřující nebo doplňující učivo je definovaná rychlost jako $\mathbf{v} = \Delta \mathbf{r} / \Delta t$, kde $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}' - \mathbf{r}$ je rozdíl polohových vektorů a Δt je velmi malý úsek.

Shrnutí:

1. průměrná rychlost jako $v_p = s / t$,
2. průměrná rychlost na části trajektorie jako $v_p = \Delta s / \Delta t$,
3. velikost okamžité rychlosti jako průměrná rychlost na malém časovém intervalu,
4. směr okamžité rychlosti jako směr tečny trajektorie v bodě,
5. okamžitá rychlost jako $\mathbf{v} = \Delta \mathbf{r} / \Delta t$.

Bednařík, Šíroká 1993

Pořadí zavedení pojmů se liší od [BŠ00]:

„Okamžitá rychlost \mathbf{v} hmotného bodu v čase t , kdy je hmotný bod v bodě A , je dána podílem $\mathbf{v} = \Delta \mathbf{r} / \Delta t$, přičemž předpokládáme, že Δt je velmi malé.“ (s. 33)

Změna polohového vektoru je $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}' - \mathbf{r}$.

„Velikost okamžité rychlosti je dána podílem velikosti změny polohového vektoru a příslušného časového intervalu:

$$|\mathbf{v}| = v = |\Delta \mathbf{r}| / \Delta t.“ (s. 34)$$

Tato učebnice začíná tím, co pozdější vydání odsunuje do rozšiřujícího učiva. Druhý vzorec, definice velikosti okamžité rychlosti, se v novějším vydání nevyskytuje. Učebnice navazuje tam, kde novější verze začíná: „Vyjdeme z pojmu **průměrná rychlost**, který znáte ze základní školy. Průměrná rychlost v_p je skalární fyzikální veličina, která je dána [...] $v_p = s / t$.“ (s. 34)

„Během pohybu se zpravidla rychlost mění.“ (s. 35) Zde má smysl mluvit o proměnné rychlosti, míněno proměnné okamžité rychlosti, protože okamžitá rychlost již byla zavedena. Přestože riziko zmatení je menší než u pozdějšího vydání, stále bychom raději viděli termín uvedený ve své úplnosti.

„[...] potřebujeme určit průměrnou rychlost na jednotlivých úsecích trajektorie [...] trajektorii rozdělíme na úseky o délce Δs a určíme doby Δt [...]. Průměrná rychlost na daném úseku trajektorie.“ (s. 35) Podkapitolu uzavírá definice *okamžité rychlosti*, která je totožná s definicí [BŠ00].

Shrnutí:

1. okamžitá rychlost jako $\mathbf{v} = \Delta \mathbf{r} / \Delta t$,
2. směr okamžité rychlosti jako směr tečny trajektorie,
3. velikost okamžité rychlosti jako $|\mathbf{v}| = v = |\Delta \mathbf{r}| / \Delta t$,
4. průměrná rychlost ze základní školy jako $v_p = s / t$,
5. průměrná rychlost na části trajektorie jako $v_p = \Delta s / \Delta t$,
6. velikost okamžité rychlosti jako průměrná rychlost na malém časovém intervalu.

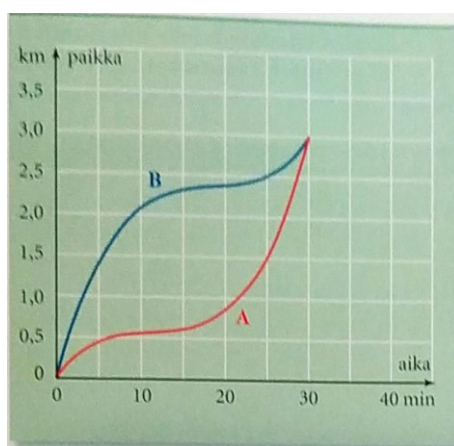
Physica 1

Učebnice úvodního kurzu fyziky. První rozdíl oproti oběma českým učebnicím je, že neprovádí výslovnou abstrakci k hmotnému bodu.

Zavádění rychlosti začíná stejně jako [BS00] průměrnou rychlostí, které říká *střední rychlost* (*f. keskinopeus*): „Střední rychlost tělesa v daném časovém intervalu je vzdálenost (*f. matka*) ujetá v daném časovém intervalu (*f. aikavalilla*) dělená jeho délkou.“ symbolicky zapsáno „ $v_k = s / t$, kde s je ujetá vzdálenost a t je čas, který cesta zabrala.“ (s. 42)

Finské *matka* má mnoho významů. Vedle všech původních, přenesených i abstraktních významů, které má český ekvivalent *cesta*, má význam *vzdálenosti* a také fyzikálního termínu *dráha*. Učebnice ale termín *dráha* (*f. matka*) blíže nespecifikuje, autoři tedy spoléhají na jeho intuitivní pochopení. Překlad by tedy místo „ujetá vzdálenost“ mohl být i „uražená dráha“.

Okamžitou rychlost (*f. hetkellinen nopeus*) formálně učebnice nezavádí. Věnuje jí dva odstavce, v nichž diskutuje rozdílnost pohybu dvou sportovců, jejichž *střední rychlost* je na maximálním intervalu stejná. Pohyb sportovců je zadán grafem polohy v závislosti na čase (graf níže). K definici se dostane nejbližší tvrzením „strmost grafu udává okamžitou rychlost sportovce.“ V dalším textu se pojem *okamžitá rychlost* nevyskytuje. „V kurzu Pohybové zákony se naučíte, jak z grafu určit okamžitou rychlost.“ (s. 47) Tím je myšlen 4. kurs fyziky.



Graf 1: graf závislosti polohy na čase dvou sportovců [P1] (s.47)

Přestože není okamžitá rychlost formálně zavedena, termín rychlost (*f. nopeus*) bez přívlastku okamžitá nebo střední se v dalším textu používá:

„Pohyb je rovnoměrný, když rychlost pohybujícího se tělesa zůstává po celou dobu stejná, tj. rychlost je konstantní.“ (s. 48) Můžou tím myslet rychlost okamžitou,

ale další věta praví: „...a vzdálenost, kterou těleso urazí, se za každý stejně dlouhý časový úsek zvětší vždy o stejnou hodnotu,“ (tamtéž) což odpovídá definici průměrné rychlosti. Učebnice by ale mohla být jednoznačná a přívlastek *průměrná* použít. Takto to působí, že se učebnice připravuje na neohlášený přechod k používání termínu *rychlost* ve smyslu rychlosti okamžité.

České učebnice fyziky používaly v minulosti podobnou definici k definování rovnoměrného pohybu. Tak mohli definovat rovnoměrný pohyb, aniž by měli definovanou jakoukoliv rychlost: „Koná-li tělo v stejných třeba i přemalých dobách stejné dráhy, vzniká pohyb rovnoměrný (gleichfoermige Bewegung). Poměr vykonané dráhy ku času, jehož bylo ku vykonání dráhy potřeba, slove rychlostí pohybu“ (Fejt, 2019)

Současné české učebnice [BS93,00] tvrdí: „Koná-li hmotný bod rovnoměrný pohyb, pak na libovolně dlouhých a libovolně umístěných úsecích trajektorie naměříme vždy tutéž průměrnou rychlost,“ což je podobné výše zmíněné definici rychlosti rovnoměrného pohybu, ale používá již pojmu *průměrná rychlost*. Jedná se ale o důsledek, nikoliv o definici samotnou.

Problematické to začne být u rovnoměrně zrychleného pohybu, kde se termín *rychlost* (*f. nopeus*) začíná používat ve smyslu *okamžité rychlosti*:

„Jestliže pohyb tělesa začíná z klidu a rovnoměrně zrychluje, pak je rychlost v tělesa v čase t rovna $v = at$.“ (s. 65) Uvedený vztah nám na základě konstanty a vypočte hodnotu rychlosti v okamžiku t čili nám určí okamžitou rychlost. Průměrná rychlost je funkce dvou proměnných, t_1 a t_2 , kdežto okamžitá rychlost má proměnnou jen jednu, t .

[P1] také zavádí *rychlost při rovnoměrném pohybu* „Rychlost tělesa konající rovnoměrný pohyb $v = (x - x_0) / t$, kde x_0 je poloha tělesa v čase 0 s a x je poloha tělesa v čase t .“ Najdeme paralelu této definice v [BS93,00], kde se v podkapitole 2.5 Rovnoměrný pohyb dočteme: „Označme s_0 dráhu, kterou hmotný bod urazil v čase t_0 , s dráhu, kterou urazil v čase t . Velikost okamžité rychlosti vypočteme ze vztahu $v = \Delta s / \Delta t = (s - s_0) / (t - t_0)$ “ (s. 38 resp. 35) Jsou tu ale rozdíly. Finská publikace začne používat novou veličinu *rychlost tělesa při rovnoměrném pohybu*, zatímco našinec využívá dříve zavedené *okamžité rychlosti*. Finové mluví o výchozí a koncové *poloze*, kdežto Češi mluví o *drahách*. Finové mluví o *tělese*, Češi o *hmotném bodu*. Vzhledem k tomu, že u českých učebnic se nejedná o konceptuálně

novou myšlenku, ale pouze o aplikaci předem definovaného termínu, *rychlost rovnoměrného pohybu* jsme výše neuváděli.

Ještě stojí za povšimnutí, že [P1] hovoří o *rychlosti* a [BS93,00] hovoří o *velikosti rychlosti*. V [P1] se opravdu jedná o jednorozměrný vektor rychlosti. *Rychlost* v může nabývat i záporných hodnot, vzorec není zaveden s omezeným oborem hodnot. Ve všech dalších cvičeních, příkladech a výkladu se však vždy zkoumá pouze pohyb, který nemění směr, pohyb, jehož vektor rychlosti má s vektorem změny polohy nulovou odchylku. Pojem by tak mohl být klidně zaveden jako *velikost rychlosti rovnoměrného pohybu* a pro učebnici by to neznamenovalo žádný rozdíl.

shrnutí:

1. střední rychlost (keskinopeus) jako $v_k = s / t$,
2. okamžitá rychlost (hetkellinen nopeus) jako strmost grafu polohy,
3. rychlost při rovnoměrném pohybu (nopeus tasaisessa liikkeessä) jako

$$v = (x - x_0) / t.$$

Fysikka 4

Jelikož se jedná o učebnici, která tematicky navazuje ve výuce mechaniky na [P1], měli bychom zde nalézt zavedení *okamžité rychlosti*. Bohužel se ale jedná o učebnici jiného nakladatelství: „Pojmy střední rychlost a okamžitá rychlost jsou vyloženy na s. 58–64 v učebnici Fysiikka 1.“ (s. 10) Učebnici Fysikka 1 nemáme k dispozici.

Kapitola 1.1 Rovnoměrný pohyb začíná motivačním experimentem – zkoumání pohybu bubliny v nakloněné skleněné trubici. Takový experiment se vyskytuje i v [P1], kde ho najdeme u zavádění výše zmíněné *rychlosti při rovnoměrném pohybu*. [O] obsahuje tento experiment v obměněné podobě – rovnoměrný pád kuličky viskózní kapalinou. Z naměřených dat polohy od času pro různé náklony trubice získáváme *rychlost* bubliny. Touto motivací zavádí rovnoměrný pohyb: „O rovnoměrném pohybu hovoříme tehdy, je-li průměrná rychlost v libovolném časovém intervalu stejná,“ (s. 11) z čehož plyne, že *průměrná rychlost* již je brána za bernou minci. Zvláštní je, že ač již počítá se znalostí *okamžité rychlosti*, rovnoměrný pohyb definuje tak, že tento pojem nepotřebuje: „průměrná rychlost je v libovolném časovém intervalu stejná.“ místo aby řekl, že rovnoměrný

pohyb koná těleso, jehož okamžitá rychlost je konstantní. Nejspíš je za tím fakt, že první definici lze empiricky snáze ověřovat.

„Fyzikální směrnice (f. fysikaalinen kulmakerroin) přímky je rychlost rovnoměrného pohybu $v = \Delta s / \Delta t$.“ (s. 11) Tento vzorec je pak v dalším textu používán k výpočtu rychlostí rovnoměrných pohybů.

V [P1] se poloha tělesa značila x , v [F4] se značí s .

Shrnutí:

1. okamžitá rychlost a průměrná rychlost zavedena v předchozí učebnici,
2. rychlost rovnoměrného pohybu jako směrnice přímky $v = \Delta s / \Delta t$.

Otava

„Při rovnoměrném pohybu je velikost rychlosti tělesa v konstantní a získáme ji vydělením změny polohy tělesa Δx časem stráveným na něm Δt . $v = \Delta x / \Delta t$ “ (s. 9) f. *tasainen liike* znamená rovnoměrný, hladký, plynulý pohyb. Překlad na český termín *rovnoměrný pohyb* není přesný, neboť „*tasaisessa liikkeessä nopeus ei muutu*,“ znamená „při ustáleném pohybu se rychlost nemění,“ tj. nemění se její velikost ani směr. Rovnoměrný pohyb je podle Finů vždy přímočarý. [BS93,00] praví „Při rovnoměrném pohybu je velikost rychlosti konstantní“ (s.37, s. 32), směr se tedy měnit může.

„Při rovnoměrném pohybu se těleso vždy posune o stejnou vzdálenost za stejnou dobu.“ Opět, zavedení rovnoměrného pohybu bez potřeby okamžité rychlosti, po vzoru [P1], [F4].

„Fyzický sklon čáry, tedy rychlost tělesa, lze určit z grafu polohy. Určení sklonu se nazývá grafická derivace. Rychlost tělesa $v = \Delta x / \Delta t = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1)$.“ (s. 10)

„Při proměnném pohybu (f. *muutuva liike*) se okamžitá rychlost objektu, tj. rychlost v v určitém časovém okamžiku, získá, když se ke grafu polohy ve zkoumaném bodě nakreslí tečna a určí se fyzikální sklon tečny. Tato metoda se nazývá grafická derivace.“ (s. 24)

„Okamžitá rychlost $v(t)$ je fyzikální sklon tečny $v(t) = \Delta x / \Delta t$ “ (s. 24)

„Mezi časy t_1 a t_2 je průměrná rychlost směrnicí sečny nakreslené na grafu polohy $v(t) = \Delta x / \Delta t = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1)$.“ (s. 24)

„Průměrná velikost rychlosti (*f. keskivauhti*) je skalární veličina, která nemá směr. Průměrná velikost rychlosti se vypočítá jako celková ujetá vzdálenost s a čas potřebný k jejímu dosažení Δt , tj. $v_k = s / \Delta t$.“ (s. 24)

shrnutí:

1. Velikost rychlosti (*f. nopeuden suuri*) rovnoměrného pohybu tělesa jako
 $v = \Delta s / \Delta t$,
2. Rychlost rovnoměrného pohybu jako směrnice grafu polohy:
 $v = \Delta x / \Delta t = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1)$,
3. Okamžitá rychlost (*f. hetkellinen nopeus*) proměnného pohybu jako směrnice tečny $v(t) = \Delta x / \Delta t$,
4. Průměrná rychlost proměnného pohybu jako směrnice sečny
 $v(t) = \Delta x / \Delta t = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1)$,
5. průměrná velikost rychlosti (*f. keskivauhti*) jako $v_k = s / \Delta t$.

Rychlost jako velikost rychlosti

„Když je v souřadnicovém systému (t, x) popsán rovnoměrný pohyb, je grafem vzestupná nebo sestupná přímka. Čím větší je rychlost objektu, tím strměji přímka stoupá nebo klesá. Fyzický sklon přímky vypovídá o velikosti rychlosti objektu.“ (s. 10)

Jinými slovy *větší rychlost* (*f. suurempi nopeus*) může krom strměji rostoucího grafu znamenat i strměji klesající graf. Jednorozměrné rychlosti můžeme porovnávat jako takové, tj. např. $-10 \text{ km/h} < 5 \text{ km/h}$ (porovnávané jednorozměrné rychlosti dle x -ové souřadnice), nebo podle jejich velikosti, tj. $|-10| \text{ km/h} > |5| \text{ km/h}$. Klesající graf polohy od času odpovídá záporné hodnotě rychlosti, strměji klesající graf znamená menší rychlost (míněno menší hodnotu x -ové souřadnice rychlosti, nikoliv menší velikost rychlosti), např. $-10 \text{ km/h} > -15 \text{ km/h}$. Správné by bylo použít formulaci „čím větší *velikost rychlosti* (*f. vauhti*), tím strměji přímka stoupá nebo klesá.“

Narážíme na potíže s překladem: „Mitä suurempi kappaleen nopeus on, ...“ nabízí překladáč „čím vyšší je rychlost, ...“ jenže adjektivum *suuri*, komparativ *suurempi*, znamená doslova *velký*, resp. *větší*. Např. *suure* – *veličina*, *vektorisuure* – *vektorová veličina*, *nopeuden suure* – *dosl. rychlostní velikost* čili *velikost rychlosti*. Potíž s třetím uvedeným termínem je ten, že ekvivalent českému termínu *velikost*

rychlosti je finsky *vauhti*. („Nopeus on vauhti, jolla on suunta.“ Rychlost je velikost rychlosti, která má směr, angl. velocity is speed with direction (s. 16).) Překlad, který lépe zachycuje význam fráze tedy zní: „Čím větší je rychlost, ...“

Jenže v kapitole o rovnoměrném pohybu se dočteme, že „nopeuden suuruus v on vakio“ (s. 9), velikost rychlosti v je konstantní, nebo rychlost v je konstantní. Oba překlady jsou možné, a oba jsou fakticky správné. Finská školská fyzika označuje pojmem *rovnoměrný pohyb* (f. tasainen liike) pohyb, jehož rychlost je konstantní, tj. nemění se její směr ani velikost. Tasainen liike je tímto nutně *pohyb rovnoměrný přímočarý*.

Buď je tím myšlena opravdu *velikost rychlosti*, pak by výtka z předchozího odstavce neplatila (příp. že polemizujeme nad tím, zdali strměji klesající graf polohy v závislosti na čase znamená větší rychlost nebo menší rychlost, než graf mírněji klesající). Proč ale v takovém případě nepoužijí jednoslovný termín *vauhti* totožného významu? Velikost vektorové veličiny jako její norma navíc není v učebnici definovaná. (Původně nám jde o výraz *suurempi nopeus*, větší rychlost.) Pokud by *nopeuden suuruus* opravdu znamenalo *velikost rychlosti* ve významu norma vektoru rychlosti, správnější formulace by byla „Mitä suurempi nopeuden suuruus on, ...“ - Čím větší je velikost rychlosti, tím ...

Druhá varianta je, že pojmem *nopeuden suuri* je myšlena prostě *hodnota rychlosti*, hodnota x -ové souřadnice jednorozměrného vektoru. (Proč raději nepoužijí jednoduše *nopeus on vakio*, rychlost je konstantní?) Potom by byla výše vznešená výtka platná, neboť vyšší hodnota rychlosti (míněno větší hodnota x -ové souřadnice jednorozměrného vektoru rychlosti) znamená graf mírněji klesající, porovnáváme-li klesající grafy polohy rovnoměrného pohybu dle odpovídající rychlosti.

Můžeme rozsoudit, která varianta je správná? Nejspíše druhá. **př. 2.18**, e): „Määritä, *kuinka suuri* auton keskimääräinen kiihtyvyyden oli mittauksen aikana.“ - Určete průměrné zrychlení vozu během měření. (s. 34) Dosl. však: Určete, *jak velké* je průměrné zrychlení auta během měření. Pokud by se jednalo o dotaz po hodnotě zrychlení (čili po x -ové složce vektoru zrychlení), odpověď může být kladná i záporná. Výsledek uvedený učebnicí je $-0,25 \text{ m/s}^2$. Z toho plyne, že v kontextu této knihy *suuri* neznamena *velikost* ve smyslu *normy*, ale prostou hodnotu fyzikální veličiny.

Význam „Mitä suurempi kappaleen nopeus on, ...“ je opravdu „Čím větší je hodnota rychlosti, tím...“ a tím pádem hodnota rychlosti se strměji klesajícím grafem

polohy bude také klesat, nikoliv růst. Z toho plyne, že učebnice buď není konzistentní v použití slova *suuri* (velikost), nebo že používá *nopeus* (rychlost) ve významu *vauhti* (velikost rychlosti).

V knížce [F4] v předmluvě 1 kapitoly: Pohyb tělesa, se dočteme „Vauhdilla tarkoitetaan nopeuden suuruutta.“ - Velikostí rychlosti myslíme velikost rychlosti (s. 8), míněno *vauhti* (velikost rychlosti) myslíme *nopeuden* (rychlostní) *suuri* (velikost). (*vauhti* a *suuri* je nominativ, proto mají jinou koncovku než v citované větě.) Tento výrok protirečí závěru, k němuž jsme dospěli v předchozích odstavcích.

Co z toho vyvodit? Jedno vysvětlení může stavět na tom, že se jedná o odlišné knihy, jejichž autoři chápou pojem *nopeuden suuri* odlišně. Další vysvětlení může stavět na tom, že žádná z knížek nedefinuje velikost čili normu vektoru, zmíní jen, že velikost vektorové veličiny souvisí nějak délkou vektorové úsečky, která veličinu znázorňuje. Nejspíše se však jedná o nekázeň autorů v dodržování vlastních definic. Nejspíše v důsledku duševní fixace na prekoncepční význam slova *nopeus* resp. *rychlost*. „V každodenním životě je rychlostí (*nopeus*) často míněna velikost rychlosti (*f. vauhti*).“ [O] (s. 16)

[P1] používá *rychlost* ve smyslu *okamžité rychlosti*, aniž by ji zavedla. Dokonce to může znamenat v kontextu učebnice i *velikost okamžité rychlosti*, protože všechny příklady v učebnici obsahují jednorozměrný pohyb vpřed. Jednorozměrný vektor je tedy v každém problému, který v učebnici najdeme, totožný se svojí velikostí.

[O] hovoří o *rychlosti*, která když roste, způsobuje strměji rostoucí nebo strměji klesající graf polohy. Ve skutečnosti tím myslí *velikost rychlosti*.

[BŠ93,00] se velmi snaží odlišovat rychlost, okamžitou rychlost a velikost okamžité rychlosti. Důsledkem toho jest, že ze všech zkoumaných knih má [BS00] nejvíce krát použit termín *velikost rychlosti* v poměru k užití termínu *rychlost*. Přes úsilí autorů je nepřesnosti a prekoncepce způsobená jazykem doběhne. Na s. 42 tvrdí, že v_0 je *počáteční rychlost*, nicméně vše ostatní naznačuje, že se jedná *velikost počáteční rychlosti* (netučný font, použití ve skalární veličinové rovnici $v = v_0 + at$).

Rozdíly ve značení vektorových veličin

České učebnice odlišují symboly pro vektorové a skalární veličiny. [BS93] značí vektorové veličiny polotučným písmem: „velikost rychlosti \mathbf{v} “, a skalární veličiny spolu s velikostmi veličin vektorových prostě „ $|\mathbf{v}| = v$.“ (s. 34) [BS00] používá totožné značení. Navíc uvádí: „V tisku označujeme okamžitou rychlost [...] \mathbf{v} , při psaní v . Velikost rychlosti označujeme v nebo $|\mathbf{v}|$.“ (s. 32) Tento způsob odlišení vektorů od skalárů sdílíme se Slováky, např. „Vektorové fyzikálne veličiny sa označujú v učebniciach polotučne...napríklad vektor rýchlosti \mathbf{v} ...Pri písaní rukou píšeme nad značku veličiny šípku \mathbf{v} .“ [BEN] (s. 10) či „Vektory označujeme polotučnými písmenami, napr. \mathbf{v} ...v písanom textě ich označujeme šípkou: \mathbf{v} “ (Marek, 1972)

Z historického hlediska je odlišnost zápisu vektorové veličiny pochopitelná. Tučné písmo je jednodušší k tisku a šipka nad písmenem k zápisu. Technické problémy s tiskem šipky nad znakem jsou dnes pasé, budoucí učebnice by se měly sjednotit s písemným zápisem. Tučný znak má místo v textech, které jsou psané s omezenými technickými možnostmi.

Finské učebnice se česko-slovenské konvence nedrží. [P1] se rozdílem mezi vektorovými a skalárními veličinami nezabývá explicitně, ačkoliv jasně rozlišuje pojmy *vauhti* – velikost rychlosti a *nopeus* – rychlost. Rychlost ve výpočtech značí netučným písmem. např. „Täten Antin *nopeudeksi* saadaan $v = 2,5$ m/s,“ - Z toho plyne, že Antiho rychlost je $v = 2,5$ m/s. [F4] (s. 53) „Pallon nopeus maahan nähden on $v = v$ laiva + v pallo = 10 m/s + (-10 m/s) = 0 m/s.“ Rychlost míčku vzhledem k zemi je $v = v$ lodí + v míčku = 10 m/s + (-10 m/s) = 0 m/s. (s. 19). V učebnici není ani polotučné písmo ani šipky nad písmeny. Z citované věty plyne, že se opravdu jedná o vektorové veličiny, neboť za rychlost míčku je dosazena záporná hodnota. Pro skalární veličinu *velikost rychlosti* by to nebylo možné.

„Vektorisuureen kirjaintunnuksen yläpuolelle merkitään vaakaviiva. Esimerkiksi nopeus v ...on vektorisuuretta.“ - Nad písmenem vektorové veličiny je umístěna vodorovná čára. Například rychlost v ...je vektorová veličina. [O] (s. 16) Žádné šipky, žádné polotučné fonty, ale vodorovná čára nad značkou veličiny. Vodorovnou čáru používaly některé české historické učebnice k označení průměrné rychlosti. (Fejt, 2019)

[IB] používá stejný přístup: vektorové a skalární veličiny od sebe ve značení neodlišuje, vodorovnou čáru používá k označení průměrné rychlosti, resp. průměrného zrychlení.

Rozdíly v značení veličin

Krom značení vektorových veličin se učebnice liší i ve způsobu značení rychlostních veličin. V historii českých učebnic narazíme na rychlost rovnoměrného pohybu značenou c a průměrnou rychlost značenou krom jiného jako w , v a v' . (Fejt, 2019)

[P1] a [F4] značí *střední rychlost* (f. keskinopeus) v_k , všechny ostatní rychlosti jako v (rychlost rovnoměrného pohybu, okamžitá rychlost). [F4] navíc používá v_0 k označení *počáteční rychlosti* (f. alkuopeus). Podobně činí i [BS93,00]. *Rychlost* značí v , *velikost rychlosti* v . v_0 je podle obou učebnic *počáteční rychlost*. v_0 není psáno tučně, jak je zvykem pro vektorové veličiny, a vystupuje ve vztazích pro výpočet *velikosti rychlosti*, např. „ $v = v_0 + at$.“ Učebnice tím ve skutečnosti myslí *velikost počáteční rychlosti* nebo *počáteční velikost rychlosti*. [O] značí v_k jednak vektorovou veličinu *střední rychlost* (f. keskinopeus), ale také *střední velikost rychlosti* (či *velikost střední rychlosti?*) - keskivauhti.

Rozdíly v názvosloví rychlosti

Finské učebnice odlišují výrazy *nopeus* (rychlost) a *vauhti* (velikost rychlosti). Překlad je to téměř přesný. Vztah mezi těmito pojmy lze vysledovat např. „*Vauhdilla* tarkoittaa *nopeuden* suuruuta.“ *Velikostí rychlosti* myslíme *velikost rychlosti*. [F4] (s. 8) nebo „*Nopeus* on *vauhti*, jolla on suunta.“ *Rychlost* je *velikost rychlosti*, jež má směr. [O] (s. 16) Zde vidíme, proč je to překlad pouze téměř přesný, nikoliv dokonale přesný.

Dvojslovnost českého ekvivalentu k *vauhti*, navíc ekvivalentu, jenž v sobě přímo obsahuje svoji definici, v nás vyvolá nepochopení. Na tvrzení: „Velikost rychlosti je velikost rychlosti,“ nelze odpovědět, než „Ano.“ Stejná tautologie, na první pohled, jako reklamní slogan piva z Velkých Popovic. V případě sloganu má však zopakované slovo jiný význam než při prvním použití, v případě velikosti rychlosti je to definice, v níž dvouslovný termín *velikost rychlosti* definujeme jako *normu* vektorové veličiny s názvem *rychlost*. Normě vektoru se ve školské matematice říká velikost.

Finské názvosloví má podobnost v názvosloví anglickém. *Velocity* jest rychlost a *speed* je velikost rychlosti [IB]. V angličtině i ve finštině lze tyto termíny do určité míry zaměňovat, pokud s nimi nezacházíme jako s termíny. „Pokud nehrozí záměna, lze používat *nopeus* ve významu *vauhti*.“ [F4] (s. 8)

Rozdíl je v tom, že ve finském jazyce se v běžné řeči pro neterminologickou rychlost používá výrazně častěji pojem *nopeus*, slovo, které ve fyzice slouží vektorové veličině, kdežto v angličtině je to *speed*, slovo pro veličinu skalární. (rychlost připojení – internet speed – netin nopeus; tachometr – speedometre – nopeusmittari; Film *Auta* (2006): Soustřed' se. Rychlost. Já jsem rychlost. - Focus. Speed. I am speed. - Keskey. Nopeus. Minä olen nopeus.)

Pojďme se podívat, zdali se neterminologický význam výše zmíněných termínů a jejich preference v běžné mluvě odráží v jejich užívání ve školské fyzice. U finských učebnic byla započtena slova *nopeus* a *vauhti* ve všech deklinacích i složeninách, např. „nopeudella“ či „keskivauhti“.

V [P1] jsme analyzovali s. 3 a s. 38–77. Započtena byla slova v textu a v popisících obrázků. Poznámky pod čarou tato učebnice nemá. Nebyla započtena slova v obrázcích ani názvy kapitol a podkapitol, které se opakují u čísla každé stránky. V [F4] jsme analyzovali s. 5–32.

V [BŠ00] jsme analyzovali kapitolu 2, kinematiku hmotného bodu včetně veškerého textu, popisů obrázků a poznámek pod čarou. Slovní popisy přímo v grafech učebnice nemá. Vynechali jsme podkapitoly 2.10-2.12 a shrnutí učiva 2. kapitoly, neboť se zabývají křivočarým pohybem a pohybem po kružnici, který není součástí ekvivalentních kapitol ve finských knížkách. Termíny jsme dělili na *rychlost* a *velikost rychlosti*. Toto dělení není tak snadné, jak se na první pohled zdá. K *velikosti rychlosti* byly započteny i sousloví typu „rychlost o velikosti...“, „rychlost se zvětšila z 60 km/h na 80 km/h“, „která z rychlostí má větší velikost.“ Všechny ostatní sousloví obsahující *rychlost*, např. „okamžitá rychlost“, „průměrná rychlost“, „počáteční rychlost“ jsme započítali k *rychlosti*.

V učebnici [IB] jsme se podívali na kapitolu 2.1, Motion, s. 35–57, neboť ta se tematicky blíží nejvíce ostatním učebnicím. Jelikož angličtina neskloňuje ani netvoří složeniny, bylo vyhledávání slov jednodušší než u ostatních knih.

Učebnici [O] jsme ze srovnání vynechali kvůli značné nepraktičnosti a zdlouhavosti, s níž by bylo data získávat. Učebnice má velice rozsáhlé pasáže se zadáním příkladů, které lze ale zobrazovat pouze po jednom příkladu. Části textu jsou schovány za tlačítkem a přechod z jednoho příkladu na další je podmíněn zdlouhavým načítáním dat z finského serveru. Občas dokonce musí čtenář vyplnit při načtení učebnice captchu. Tyto potíže dohromady znemožňují rozumný kvantitativní průzkum textu jako celku.

[P1] obsahuje na 41 stranách *nopeus* 308krát a *vauhti* pouze 7krát. [F4] obsahuje na 28 stranách *nopeus* 183krát a *vauhti* 21krát. [BS00] obsahuje na 29 stranách 116 *rychlostí* a 59 *velikostí rychlosti*. [IB] obsahuje na 23 stranách 132krát *velocity* a 57krát *speed*. Finština používá termín *nopeus* v kontextech, kde české s anglickou učebnicí používají *velikost rychlosti*, resp. *speed*.

Finská preference slova *nopeus* před *vauhti* odpovídá míře jejich používání v učebnicích. Na jednu stránku připadá v [P1] 7,5krát pojem *vauhti* a 0,17krát pojem *nopeus*. V [F4] to je na stranu 6,5 a 0,75. V [IB] to je 5,7krát *velocity* a 2,5krát *speed*. [BS00] obsahuje na jedné straně 4krát pojem *rychlost* a 2,0krát *velikost rychlosti*. Nižší čísla u pojmu *rychlost* než u jeho zahraničních ekvivalentů je dán především tím, že [BS00] je učebnice formátu A4, ostatní učebnice jsou větší.

2.2. Dráha rovnoměrně zrychleného pohybu

Učebnice kinematiky se musí vypořádat s problémem, jak zavést veličinovou rovnici pro výpočet dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu, když nemají k dispozici aparát integrálního počtu. Ani finské učebnice, které obsahují kinematiku až ve 4. díle, se nemohou o integrální počet opřít.

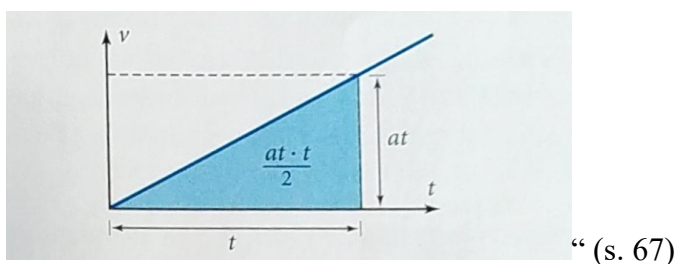
V historii českých učebnic dohledáme čtyři způsoby odvození: empirický pomocí záznamu dat v různých padostrojích, aritmetický jako částečný součet řady, geometrický, jenž vzorec odvozuje jako obsah plochy pod grafem funkce rychlosti, a nakonec výpočet jako dráhu rovnoměrného pohybu o průměrné rychlosti. (Fejt, 2019)

Physica 1

Zavádí rovnici pro dráhu rovnoměrně zrychleného pohybu v nejjednodušší podobě, s nulovou počáteční rychlostí a nulovou počáteční dráhou. Způsob zavedení je geometrický.

„Vzdálenost s ujetá při ustáleném pohybu byla získána graficky v souřadném systému čas-rychlost výpočtem plochy obdélníku ohraničeného grafem rychlosti a časovou osou. Je-li počáteční rychlost pohybujícího se objektu nulová, vzdálenost s ujetou při rovnoměrně zrychleném pohybu získáme výpočtem plochy trojúhelníku ohraničeného grafem rychlosti (přímkou) a časovou osou.

Při rovnoměrně zrychleném pohybu v čase t je rychlost $v = at$. Plocha trojúhelníku je součin podstavy a výšky vydělená dvěma, takže plocha je $s = (at \cdot t) / 2 = 1/2 at^2$.



Bednařík Široká (2000)

Učebnice má učivo rozdělené na základní a rozšiřující, tzv. s modrým pruhem. Způsoby odvození jsou totožné se starším vydáním [BŠ 93] s jediným rozdílem, a to že starší učebnice nerozlišuje základní a rozšiřující učivo. V rámci

základního učiva odvozuje vzorec pro nulovou počáteční rychlost a nulovou počáteční dráhu. Uvádí vzorec pro dráhu rovnoměrného pohybu s nenulovou velikostí počáteční rychlosti. Druhý vzorec je pouze uveden, jeho odvození je přesunuto do rozšiřujícího učiva. Odvození jsou v obou případech provedena pomocí dráhy rovnoměrného pohybu o průměrné rychlosti.

„Víme již, že rychlost tohoto pohybu je lineární funkcí času. V takovém případě se průměrná rychlost pohybu rovná aritmetickému průměru okamžitých rychlostí na začátku a konci dráhy (dráha v neterminologickém významu, pozn. autora)⁹. Začne-li se hmotný bod pohybovat z klidu, je jeho počáteční rychlost $v_0 = 0$. Velikost okamžité rychlosti v čase t je $v = at$, kde a je velikost zrychlení pohybu. Pak průměrná rychlost

$$v_p = \frac{1}{2} (v_0 + v) = \frac{1}{2} v = \frac{1}{2} at.$$

Touto průměrnou rychlostí urazí hmotný bod za dobu t dráhu s , pro kterou platí vztah

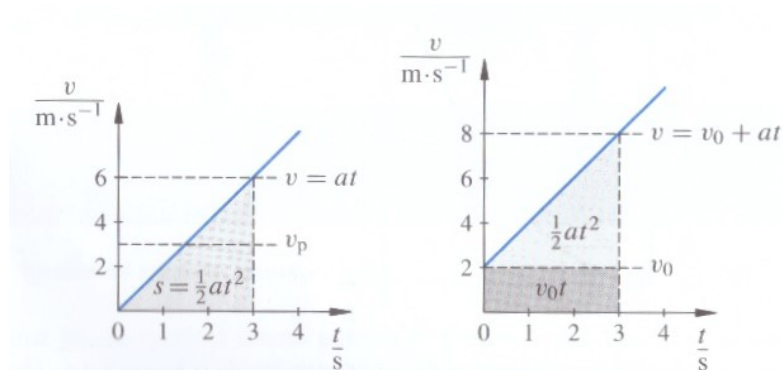
$$s = v_p t = \frac{1}{2} at \cdot t = \frac{1}{2} at^2.“ (s. 44)$$

Dále uvádí vztah s nenulovou počáteční rychlostí jako $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$. Odvození je také provedeno pomocí dráhy průměrné rychlosti. Obě odvození stojí na počátečním tvrzení, že tento postup lze použít pro rovnoměrně zrychlený pohyb.

Jelikož učebnice zavádí rovnice ve skalární podobě, musí zavést zvlášť rovnici pro dráhu rovnoměrně zpomaleného pohybu pro nenulovou počáteční rychlost: $s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$. Tento vzorec odvozený není ani v rozšiřujícím učivu, je u něj pouze komentář, že „u rovnoměrně zpomaleného pohybu má zrychlení opačný směr než rychlost.“ (s. 47)

V rozšiřujícím učivu používá grafické znázornění odvození (obrázky níže) a dále uvádí bez odvození vzorce pro nenulovou počáteční dráhu a nenulovou počáteční velikost rychlosti: $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, $s = s_0 + v_0 t - \frac{1}{2} at^2$.

⁹ Dráha je skalár, je to jedno konkrétní číslo. Nemá začátek ani konec. Nevíme, proč autoři nepoužili na tomto místě slovo *trajektorie* nebo *pohyb*. Jedno vysvětlení by bylo, že autoři se přes to, jak *dráhu* definovali, stále přemýšlí i o části trajektorie, jíž je dráha délkou. Podobně jako zaměňujeme *el. proud* jako veličinu a jako jev, nebo když hovoříme o sloupcích *determinantu*, přičemž tím myslíme sloupce původní *matice*.

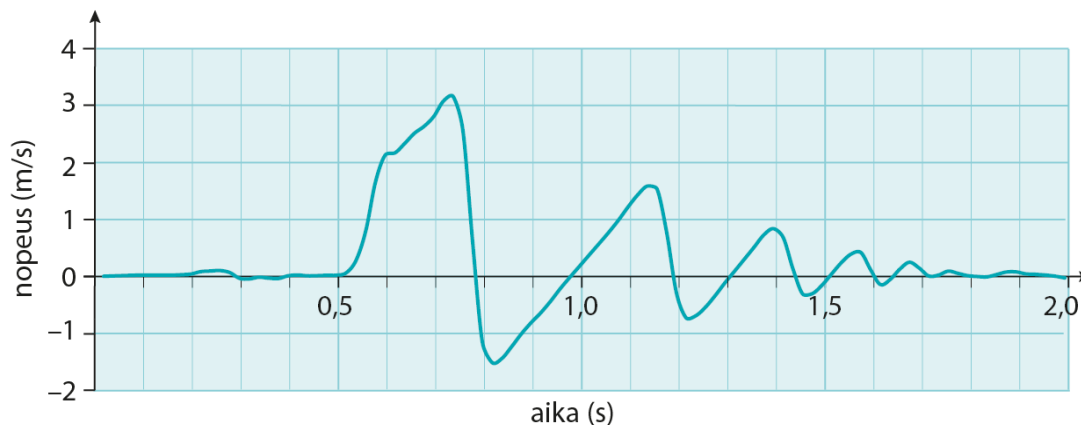


obr: *vlevo* grafické znázornění dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu s nulovou počáteční rychlostí. *vpravo* grafické znázornění rovnoměrně zrychleného pohybu s nenulovou počáteční rychlostí [BŠ00] (s. 46)

Všímavý žák si všimne, že učebnice zaváděla varianty jednoho vzorce pětkrát. Není to zbytečné? Finské učebnice vzorec zavedou ve vektorové podobě. Ve výpočtech pak pracují s jednorozměrnými vektory, a mohou tak do vzorce dosazovat i záporná čísla. [BŠ93,00] si v tomto případě takříkajíc naběhli na vidle. Musí vzorce definovat zvlášť pro rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb (vektor rychlosti a vektor zrychlení míří stejným směrem) a rovnoměrně zpomalený přímočarý pohyb (vektory míří opačně) z toho důvodu, že celou teorii staví bez použití pojmu *změna polohy*. Místo něj používají pojmu *dráha*. To má za následek, že každý pohyb může být zkoumán pouze rozdělen na úseky, v nichž se nemění směr pohybu tělesa.

Nabízí se výraz *didaktický populismus*. Autoři trochu zjednoduší počáteční obtížnost výkladu kinematiky, čímž jí ale následně výrazně zesložití v dalším výkladu. Co hůř, znesnadní hlubší vhled do problematiky.

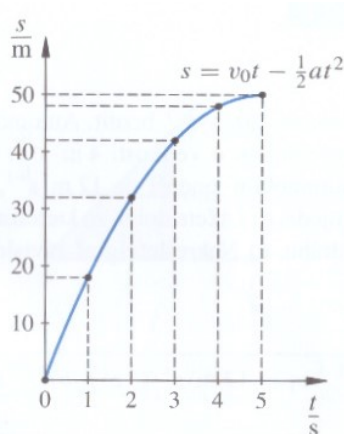
Co myslíme hlubším vhledem? Vezměme si příklad 3 z [O], s. 54. Součástí zadání je graf rychlosti kuličky poskakující na desce stolu (graf 2).



Graf 2: graf závislosti rychlosti (*f. nopeus*) na čase (*f. aika*) kuličky poskakující na stole, [O] s. 54

Z grafu 2 je patrné, že když je kulička ve vzduchu (např. interval okolo času 1 s), rychlost se mění stále stejnou měrou, *zrychlení* je konstantní. Bez ohledu na to, kterým směrem míří rychlostní vektor. Zda-li těleso momentálně zrychluje nebo zpomaluje je dáno pouze absolutním členem, konstantou, *počáteční rychlostí*. Podle [BŠ93,00] bychom měli rozlišovat, kdy se jedná o pohyb rovnoměrně zrychlený a kdy o pohyb rovnoměrně zpomalený. Tím ale okrádají žáky o slast z pochopení, že pohyb je stále zrychlený, míněno rychlost se mění stále stejnou měrou. To je patrné z grafu, překročení hranice nulové rychlosti nemění nic na jeho sklonu. Pokud by [BŠ93,00] byla konsistentní, potom by měla definovanou i veličinu tíhové zpomalení, které působí na tělesa vržená vzhůru, ale které se v určitém momentu mění na tíhové zrychlení. Naštěstí tak nečiní.

Zavedené kinematické vzorce jsou navíc zvláštní tím, že jejich definiční obor není celé \mathbb{R} . Bez toho, aniž by se změnila vnější podmínky najednou vzorec přestane platit. Jako příklad uveďme graf dráhy rovnoměrně zpomaleného pohybu ze s. 48

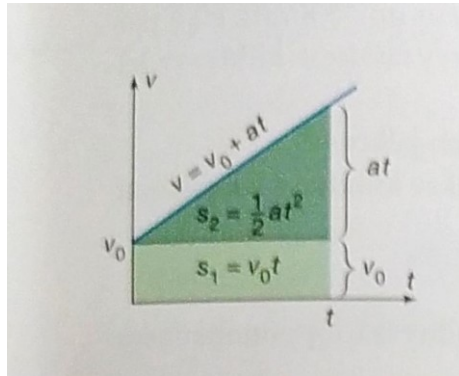


Graf 3: graf dráhy rovnoměrně zpomaleného pohybu [BS00] s.48

Graf není možné prodloužit doleva (dráha nemůže být z definice záporná) a nemůžeme ho prodloužit ani doprava, protože dráha závislosti na čase je neklesající funkce. Pokud bychom pokračovali klesající parabolou, rázem by to nebyl graf dráhy, ale graf polohy rovnoměrně zpomaleného pohybu, který se v bodě obratu mění na pohyb rovnoměrně zrychlený. A to vše proto, že se autoři vyhýbají poloze a její změně a při popisu pohybů se fixují na výpočet dráhy.

Fysiikka 4

V hlavním textovém proudu odvozuje rovnici *dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu* (matka tasaisesti muutuvassa liikkeessä) s nenulovou počáteční rychlostí. Odvozuje ji graficky (graf 4). V postranním panelu je potom odvození pomocí průměrné rychlosti. To je opačný postup než u [BŠ00], jež používá průměrnou rychlost v základním textu a geometrický přístup v rozšiřujícím textu.



Graf 4: graf k odvození dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu [F4] s. 25

„Graf zobrazuje pohyb objektu. Počáteční rychlost objektu je v . Barevné plochy představují vzdálenost ujetou v časovém intervalu $0...t$. Plocha obdélníku představuje vzdálenost $s_1 = v_0 t$ a plocha trojúhelníku vzdálenost $s_2 = (t \cdot at)/2 = \frac{1}{2} at^2$. Vzdálenost ujetá za čas t je $s = s_1 + s_2 = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$.“ (s. 25)

Dále uvede, že pro nenulovou počáteční pozici (*f. alkupaikka*) s_0 , se dráha vypočte jako $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$.

Rovnice uvádí pouze pro pohyb rovnoměrně zrychlující¹⁰. Stejně tak následující dva řešené příklady dosazují kladné hodnoty pro a . V neřešených úlohách se ale vyskytují i úlohy s rovnoměrným zpomalováním.

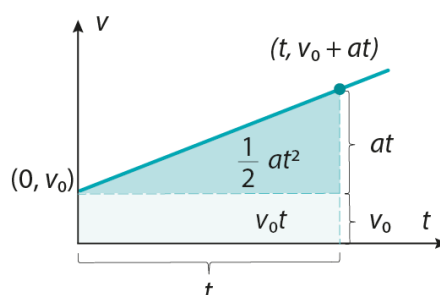
Otava

používá geometrické odvození vzorce.

„Při rovnoměrně zrychleném pohybu lze rychlost tělesa v daném časovém okamžiku určit rovnicí $v = v_0 + at$. Grafem rovnice je přímka stoupající nebo

¹⁰ Pohyb, jehož velikost rychlosti se zvyšuje. [O] uvádí pro pohyb s rovnoměrným zrychlením výraz *tasaisesti muutuva liike*, rovnoměrně proměnný pohyb. Vhodně zavedenou terminologií předchází nedorozumění, zda rovnoměrně zrychlený pohyb znamená pohyb s konstantním zrychlením, nebo pohyb, jehož velikost rychlosti se rovnoměrně zvyšuje.

klesající v souřadném systému (t, v) . Grafickou integrací lze z grafu určit posunutí tělesa. Posunutí je fyzická plocha oblasti mezi grafem rychlosti a časovou osou.



plocha trojúhelníku:

$$at \cdot t / 2 = \frac{1}{2} at^2$$

plocha obdélníku: $v_0 t$

Plocha mezi grafem rychlosti a časovou osou se skládá ze dvou částí: obdélníku a trojúhelníku. Fyzikální plocha obdélníku je vzdálenost, kterou těleso urazí, pokud se po celou dobu pohybuje počáteční rychlostí v_0 . Plocha trojúhelníku udává vliv rovnoměrného zrychlení na vzdálenost, kterou objekt urazí.

Při rovnoměrně zrychleném pohybu je poloha x objektu v čase t rovna

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2,$$

kde x_0 je poloha v počátečním okamžiku, v_0 je rychlost v počátečním okamžiku a a je zrychlení objektu.

Rovnici lze použít také k popisu vzdálenosti, kterou těleso urazí. V tomto případě se místo symbolu x používá písmeno s .“ (s. 38)

Závěrem

U Finských učebnic převládá geometrické odvozování oproti českému odvozování přes průměrnou rychlost. Ono to dává smysl, neboť se předtím i potom věnují jak v teorii, tak v příkladech *grafické integraci*. V české učebnici se s odvozením vzorce nějaké veličiny jako plochy pod grafem jiné veličiny poprvé pro odvození vzorce pro rychlost a podruhé pro odvození vzorce pro práci konané při stlačování pružiny, a to je vše. Nejspíše proto učebnice preferují odvození přes průměrnou rychlost.

2.2. Srovnání fyzikálních úloh

Fyzikální úlohy, nebo také příklady, jsou dnes neodmyslitelnou součástí středoškolských učebnic fyziky. *Fejt* (2019) dokládá početní úlohy v českých učebnicích již v roce 1870. V poměru k výkladové části jich ale bylo výrazně méně než dnes. Úloh časem přibývalo.

Fyzikální úloha může být v textu řešená nebo uvedena bez řešení. K neřešeným úlohám může i nemusí být poskytnut výsledek. Je-li poskytnut, může být hned u zadání, nebo odděleně od něj, např. na konci knihy. Úlohy se dále dělí podle složitosti na jednoduché, u nichž pouze tzv. dosadíme do vzorečku, a na úlohy vyžadující komplexní řešení, v němž je třeba propojit koncepty z různých partií fyziky.

Úlohy se dělí podle dalších kritérií na kvalitativní a kvantitativní; s neúplným zadáním, s úplným zadáním a s nadbytečnými údaji; teoretické a experimentální; konvergentní (s právě jedním řešením) a divergentní (mají více, někdy i nekonečně mnoho správných řešení) (Žák, 2020)

Srovnáme fyzikální úlohy ve zkoumaných knížkách dle jejich množství, náročnosti a typu. Zkoumáme kapitoly z kinematiky přímočarého pohybu, rovnoměrného i rovnoměrné zrychleného. Kinematiku pohybu po kružnici nezahrnujeme, protože není obsažena ve finských učebnicích. Finské učebnice obsahují na konci opakovací pasáž, české knihy zase teoretická cvičení – ze srovnání je vynecháme.

Bednařík, Šíroká (2000)

Zkoumaný oddíl učebnice se skládá z 9. podkapitol (s. 25–54). Na konci každé podkapitoly je 3 až 5 neřešených úloh.

Celkem obsahuje oddíl 39 neřešených úloh a 6 řešených úloh. 6 úloh je kvalitativních, ostatní, včetně všech řešených, jsou úlohy kvantitativní. Kvalitativní úlohy lze považovat za jednoduché, např. „Jaké pohyby koná těleso, které je v klidu vzhledem k povrchu Země?“ (s. 26) nebo „Co mají společného a čím se navzájem liší rovnoměrný přímočarý pohyb a rovnoměrný křivočarý pohyb?“ (s. 43) Kvalitativní úlohy jsou uvedeny bez řešení, což souvisí s tím, že jsou to úlohy s více správnými odpověďmi. Neřešené kvantitativní úlohy jsou vždy s úplným zadáním s jedním řešením. Řešení je uvedeno v hranaté závorce vždy hned za zadáním příkladu.

Experimentální úloha je jen jedna: „Považujte školní třídu za vztažné těleso. Zvolte soustavu souřadnic a určete polohu některého předmětu ve třídě [...]“ (s. 28) Řešení u ní uvedeno není.

Složitějším příkladům, v nichž je třeba zkombinovat dva až tři veličinové vzorce, vždy předchází řešená úloha. V té je popsáno rovnicemi i slovně, jak se v řešení postupuje.

Physica 1

Zkoumaný oddíl se skládá z 2 kapitol., které jsou rozdělené každá na 3 podkapitoly (s. 38–77). Podkapitoly mají strukturu výkladu proloženého řešenými příklady. Neřešené úlohy jsou až na konci celé kapitoly. Na konci každé podkapitoly je uveden seznam úloh vhodných k vyřešení.

Řešené příklady mají pevnou strukturu **zadání – řešení – odpověď**, příp. **poznámka**. [BŠ00] má strukturu podobnou, jednotlivé pasáže ale nejsou výslovně pojmenované, jak je tomu zde. V [BŠ00] je součástí řešení symbolický zápis zadání, což tato kniha postrádá.

Řešených příkladů je 18. Oproti [BS00] obsahují i jednoduché příklady, u nichž se k výsledku dospěje dosazením do jedné rovnice, např. „Průměrná rychlost na trase mezi Joensuu a Helsinkami byla 69 km/h. Vyjádřete průměrnou rychlost v m/s“ (s. 43) nebo „Bouřková kapka o průměru 5 mm padá v klidném vzduchu k zemi rychlostí 9,1 m/s. Jak daleko by kapka doletěla za půl minuty?“ (s. 51) [BS00] obsahuje příklady na převod jednotek také, ale příklady jsou neřešené.

V textu je navíc 5 experimentálních kvantitativních úloh pod názvem *zkoumejte a bádejte* (f. tutki a kokeile). např.: „Navrhněte měření ke studiu pohybu chodce. Výsledky měření zapište do tabulky a vynesete je jako graf do souřadnicové sítě. Jak byste určili průměrnou rychlost chodce?“ (s. 43)

Neřešených úloh je 53. Výsledky příkladů nejsou u zadání, ale až na konci učebnice. Úlohy jsou z většiny s úplným zadáním s jedním konkrétním řešením. Dvě úlohy jsou kvantitativní experimentální. K analýze naměřených dat doporučují tabulkový procesor (př. 29 na s. 59; př. 23 na s. 76).

[P1] se od [BS00] liší především v 7 úlohách, v nichž je zadána tabulka naměřených dat, a úlohy s grafickým zadáním, těch je 21. Rozdíl v úlohách je

v kvantitě, [P1] obsahuje 71 úloh, [BS00] 45. Kvalitativně obsahuje [P1] jednodušší úlohy než [BS00].

Fysiikka 4

Učebnice obsahuje na 18 stranách v rámci jedné kapitoly řešené i neřešené úlohy. Kapitola je rozdělena na tři podkapitoly. Na konci každé podkapitoly jsou nejprve uvedeny kvalitativní úlohy, většinou bez jednoznačného řešení tzv. na zamyšlení (*pohdi ja etsi* – přemýšlejte a hledejte). Následují neřešené úlohy. Na konci celé kapitoly je opakovací oddíl *testaa, osaatko* (otestujte se). Výsledky k neřešeným úlohám jsou uvedeny na konci učebnice.

5 řešených úloh je začleněno na konci kapitol před úlohy neřešené. Obtížnostně jsou náročnější, než u [P1]. Na s. 18–19 jsou dvě úlohy na sčítání rychlostí s odlišným směrem. Takové úlohy v [P1] nejsou, najdeme je ale v [BS00] na s. 53. Úlohy pro výpočet dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu nalezneme zde (s. 26), v [BS00] (s. 49). V [P1] tyto úlohy zastoupeny nejsou.

Úloh typu *přemýšlejte a hledejte* je 9. Např. „Vyjmenujte funkce lidského těla, které probíhají jako a) rovnoměrný posuvný pohyb, b) rotační pohyb, c) kmitavý pohyb.“ (s. 15)

44 neřešených úloh, z nichž 9 úloh je v úplném závěru v oddíle *testaa, osaatko* (otestujte se), obsahuje úlohy s grafickým zadáním (10), úlohy se zadáním v podobě dat v tabulce (5) a výpočtové úlohy s úplným jednoznačným zadáním. Experimentální úlohy učebnice neobsahuje. Výpočtové úlohy jsou obtížností srovnatelné s úlohami v [BS00].

Otava

Kinematika je rozdělena do 4 podkapitol celkem o 73 stranách. Kapitola obsahuje řešené příklady v rámci výkladových částí a na konci obsahuje rozsáhlou sbírku neřešených úloh. Ty jsou rozděleny na části *harjoittele* (cvičení) a *sovella* (aplikace). Cvičení mají většinou, ale ne nezbytně, podobu testových otázek s výběrem z více možností. Úlohy z oddílu aplikace mají okno, do něhož může žák zapsat výsledek nebo odpověď. Pod oknem na odpověď je skrytá správná odpověď, kterou si žák může kliknutím odhalit.

Závěrem je vždy navíc po jednom příkladu pojmenovaném *syvennā* (rozšiřující úloha) a *itsearviointi* (sebehodnocení). U rozšiřující úlohy je přiložena teorie potřebná k jejímu vyřešení.

Některé příklady jsou zadány pomocí tabulky naměřených dat. Data jsou žákovi k dispozici ke stažení v pěti různých formátech: cdbl, ggb, ods, tns, vcp. Může si je stáhnout individuálně u každé úlohy, nebo si může stáhnout zkomprimovanou složku s daty k příkladům z celé učebnice.

Zadání neřešených úloh je možné si stáhnout ve formátu pdf, pokud je chceme řešit bez počítače. Přijdeme tím ale o přístup k výsledkům a k datům u příkladů, které je obsahují. Některé sady obsahují stejně jako starší papírové učebnice data v tabulce kolem deseti řádků. Práce s nimi by byla možná i na papíře, bohužel ve verzi pdf zadání je nenajdeme. Je ale možné si stáhnout zadání v pdf a stáhnout si v zipu všechna data. Potom se můžeme učit bez připojení k síti.

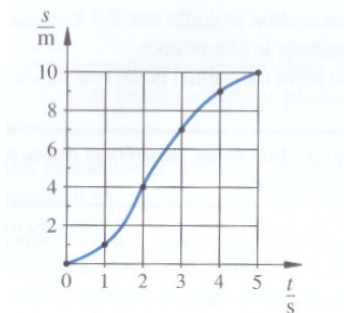
V učebnici je 17 řešených úloh, z nichž 10 obsahuje v zadání data naměřená v experimentu. Jedná o záznam polohy a času, rychlosti a času, zrychlení a času nebo kombinace z těchto tří. Součástí zadání je i graf, resp. grafy, v nichž jsou data vykreslena. U několika příkladů jsou přiložená data nadbytečná, neboť hodnoty fyzikálních veličin, které žák potřebuje k vyřešení úlohy, a které lze z dat zjistit, jsou uvedeny ve slovním zadání úlohy (např. př. 1, str. 51). Úlohy se slovním zadáním jsou vždy s úplným zadáním. Dvě úlohy, jedna se slovním zadáním a jedna se zadáním tabulkou a grafem, jsou uvedeny s dvěma možnými řešeními. Na konci řešeného příkladu si může žák zakliknout jedno z políček *rozumím*, *částečně rozumím* nebo *nerozumím*.

Neřešených úloh je v učebnici 84. 5 Úloh je experimentálních. 28 úloh je označeno symbolem blesku – to znamená, že k jejich řešení je třeba výpočetní technika. Pro většinu z těchto úloh to znamená data zadaná v tabulkovém procesoru, z nichž je třeba zjistit odpovědi na otázky. V [BS00] se s daty v tabulce setkáme jen u zavádění rovnoměrného pohybu. Výpočet výsledků z tabelovaných dat se u nich nevyskytuje. V [P1] a [F4] se tabelovaná data používají k zavádění veličin, dále v řešených i neřešených úlohách. Vzhledem k zadání v papírové učebnici jsou datové sady velmi malé. Největší tabulka má 12 řádků [F4] (s. 29). Datové sady zadané elektronicky se nemusí omezovat. Některé sady mají do dvaceti řádků, většina ale počítá řádky na vyšší desítky a nižší stovky.

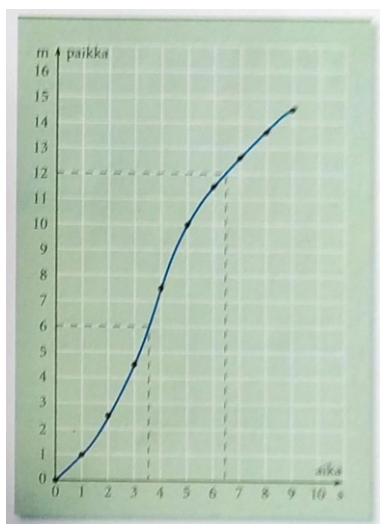
Hezká data a grafy

Elektronická učebnice má oproti svým papírovým protějškům výhodu v datových souborech, které využívá k výkladu a k zadávání úloh. V níže uvedených obrázcích vidíme, že papírové učebnice uvádí 6, 10 resp. 15 hodnot (grafy 11, 12 a 13) s vzorkovacím intervalem 1 s, zatímco [O] má na srovnatelném časovém intervalu 200 hodnot s intervalem 50 ms (grafy 14, 15).

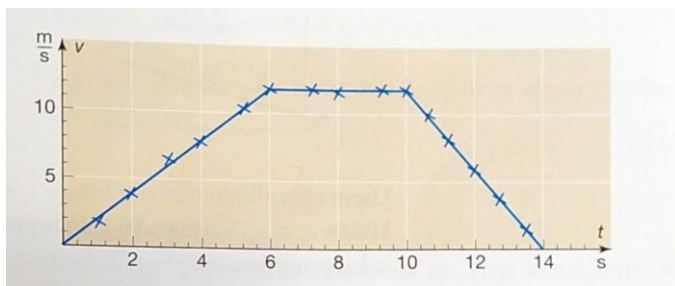
Další rozdíl je v prokládání dat křivkou. Grafy 11 a 12 uvádí data nejspíše smyšlená. Proložena jsou jakousi hladkou křivkou. Tyto učebnice neuvádí způsob zpracování dat, proložení je tak spíše zobrazení ideje pohybu než fitování dat analytickou funkcí. [O] svá data nefituje. Vzorkování je tak husté, že k přenesení myšlenky nepřetržitosti pohybu ho není zapotřebí (graf 14).



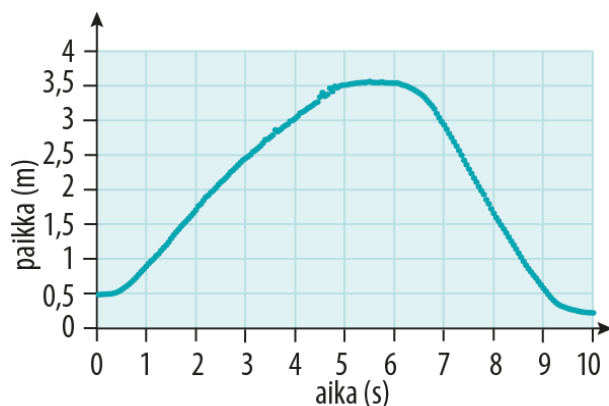
Graf 11: graf závislosti dráhy hmotného bodu na čase (graf dráhy) - k výkladu pojmu *dráha* [BS00] (s. 30)



Graf 12: Graf je modelem pohybu lyžaře. Protože na vodorovné ose je čas a na svislé ose je poloha, říkáme, že graf znázorňuje polohu lyžaře jako funkci času – k výkladu *grafického znázornění pohybu* [P1] s. 41.



Graf 13: Graf znázorňuje pohyb motocyklisty v průběhu 14 sekund. - zadání řešeného příkladu u výkladu *rovnoměrně zrychleného pohybu*. [F4] s. 23



Graf 14: Pohyb studenta byl zkoumán pomocí ultrazvukového senzoru, výsledkem je přiložený graf polohy (paikka) a času (aika). - součást zadání řešeného příkladu u výkladu *rovnoměrně zrychleného pohybu* [O] s. 23

	A	B
1	aika (s)	paikka (m)
193	9,6	0,260068
194	9,65	0,251632
195	9,7	0,241204
196	9,75	0,233387
197	9,8	0,228078
198	9,85	0,224315
199	9,9	0,220879
200	9,95	0,218405
201	10	0,216172

Graf 15: Přiložený soubor s naměřenými daty. [O] s. 23

V tabulkovém procesoru je možné soubor o několika stech datech snadno zpracovat, např. zjistit, v kterém čase měl pohyb největší okamžitou velikost rychlosti – vypočteme průměrné rychlosti na všech dílčích intervalech a v nich najdeme nejvyšší hodnotu.

[O] kapitola 4 se jmenuje *pohybové modely*. Řešený příklad 3 udává datovou sadu 250 řádků, v nichž je zaznamenaná poloha, rychlost a zrychlení v závislosti na čase (tabulka 16).

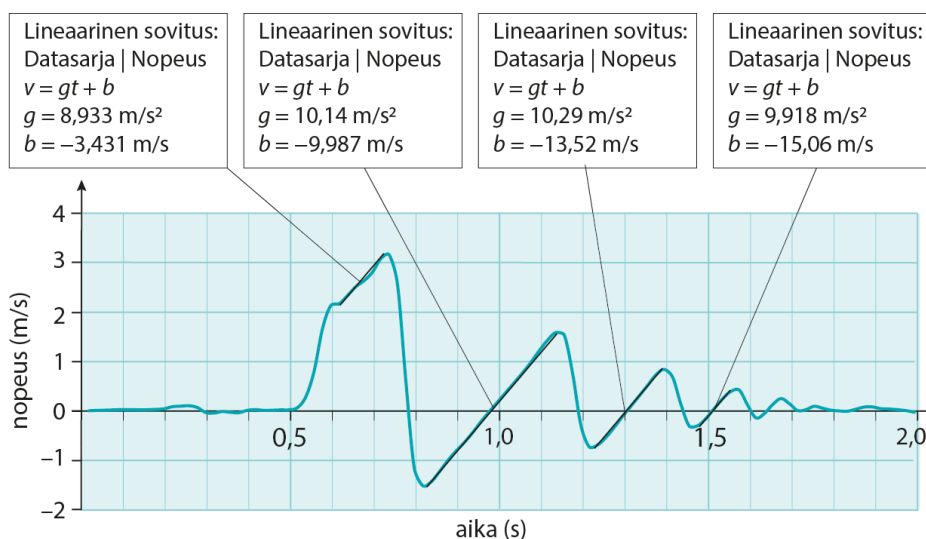
„Pohyb skákajícího míče byl studován pomocí ultrazvukového senzoru. Snímač směřoval od okraje stolu směrem dolů k podlaze, s kladným směrem dolů. [...] Interpretujte grafy.

- V jakém čase dopadl míč na zem?
- V jaké výšce byl míč upuštěn?
- Jak vysoko byl druhý odraz míče?
- Pomocí grafů určete tíhové zrychlení.“ (s. 54)

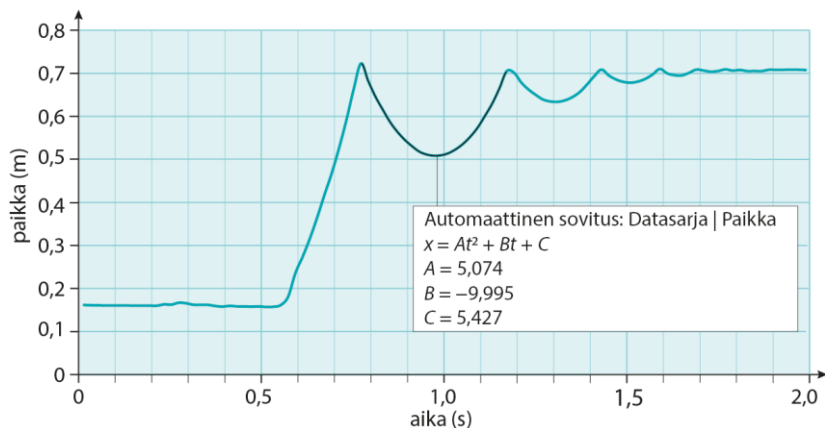
Řešení úkolů a), b) a c) spočívá ve vyčtení příslušných hodnot z grafu. Řešení úkolu d) je uvedeno dvěma způsoby: fitováním přímky do grafu rychlosti a fitováním paraboly do grafu zrychlení. Tíhové zrychlení je vyčteno z příslušných konstant v analytickém vyjádření přímky, resp. paraboly (grafy 17 a 18).

1	Aika (s)	Paikka (m)	Nopeus (m/s)	Kiihtyvyyys (m/s ²)
240	4,78	0,702288	0,002779167	-0,0278915895062
241	4,80	0,702477	-0,002202778	-0,0543557098766
242	4,82	0,702081	-0,002630556	0,0428703703704
243	4,84	0,702236	0,002343056	0,0313020833334
244	4,86	0,702391	-0,000816667	-0,0079282407407
245	4,88	0,702098	-0,000122222	0,0295466820988
246	4,90	0,702322	0,002750000	-0,0217125771605
247	4,92	0,702408	-0,001865278	-0,0384199459877
248	4,94	0,702098	-0,000831944	0,0100295138889
249	4,96	0,702305	0,002443333	-0,1033871527780
250	4,98	0,702443	-0,003938194	-0,2559245756170
251	5,00	0,702063	-0,011613889	-0,3389857253090

Tabulka 16: část tabulky hodnot skákajícího míčku [O] s. 54



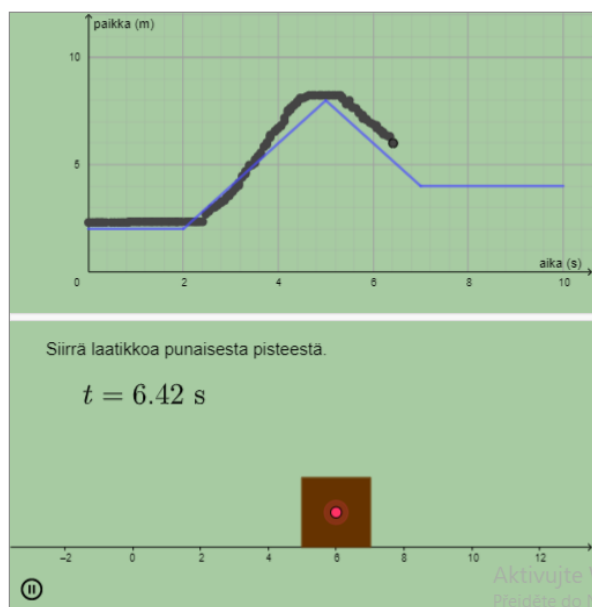
Graf 17: graf závislosti rychlosti na čase [O] s. 54



Graf 18: graf závislosti polohy na čase [O] s. 54

Geogebra

Další výhoda elektronické učebnice spočívá v interaktivních apletech, které jsou začleněny jako úkoly do neřešených úloh. Příklad 2.3 na s. 31 je aplet, v němž je zadaný graf polohy a času. Úkolem je posouvat jezdcem, který upravuje polohu, aby pohybující se bod kopíroval zadaný graf. Jezdec je možné ovládat myší i šipkami na klávesnici. (obr. 19)



obr. 19: aplet geogebry [O] s. 31

Tento druh úloh najdeme i v [F4] v ovládací podobě: „Následující grafy znázorňují polohu nebo rychlost pohybujícího se objektu v závislosti na čase. Vaším úkolem je chodit podle grafu. (Nebo pohybovat prsty na stole podle grafu.) Váš partner (malá skupina) vyhodnotí úspěšnost vaší chůze. Pokud je k dispozici ultrazvukové zařízení, lze pohyb změřit a porovnat se zobrazeným grafem“ (s. 24) (zájemce o podobu grafů je nalezne v příloze).

Aplet v geogebře využívá naplno možnosti výpočetní techniky. Úloha je začleněná přímo do textu. K jeho řešení žák nepotřebuje pomůcky ani asistenci spolužáků. Na druhou stranu je-li tento typ úlohy řešen pohybem samotného žáka, žák sám se stává tím, čím je jezdec v apletu. Prožívá řešení úlohy více smysly. Replikace pohybu a jeho následná kontrola pomocí ultrazvukového vysílače je zkoumání skutečných dějů ve skutečné přírodě. Podporuje spolupráci mezi žáky a vlastně to může být i docela zábava. Je ale pravda, že aplet je mnohem přístupnější, a žák se k němu může kdykoliv vrátit a znovu si ho vyzkoušet.

grafická integrace a derivace

Finské učebnice obsahují typ příkladů, které nemají v [BS93,00] obdoby. Jsou to příklady na aplikaci tzv. grafické derivace a grafické integrace. [BS93,00] používá myšlenku grafické integrace v odvozování vztahů pro výpočet dráhy rovnoměrného a rovnoměrně zrychleného pohybu, nikoliv však k řešení úloh.

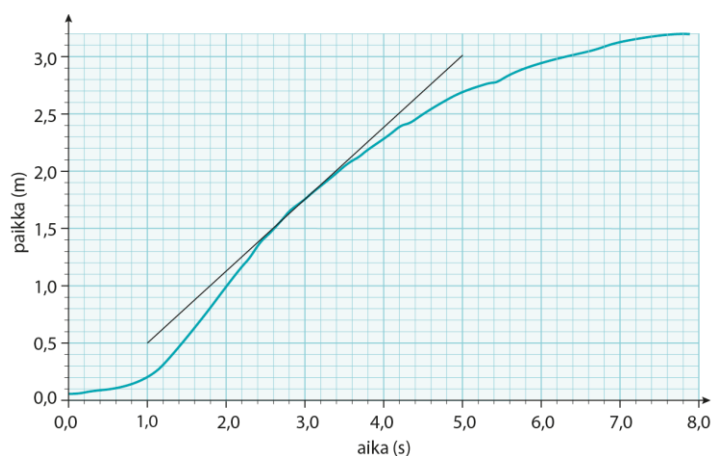
Grafickou derivaci používáme tam, kde je třeba z grafu polohy nebo rychlosti zjistit hodnotu rychlosti, resp. zrychlení pro konkrétní hodnotu t . Rychlost. resp. zrychlení se zjistí jako směrnice tečny, kterou jsme narýsovali přiložením pravítka ke grafu funkce, nebo – máme-li k dispozici data v tabulce – jako směrnici sečny vedené dvěma sousedními hodnotami. Druhý způsob je de facto výpočet okamžité rychlosti jako průměrné rychlosti na velmi malém časovém intervalu, kde „velmi malý“ znamená např. 50 ms nebo 20 ms, podle vzorkovací frekvence záznamu dat. (obr. 10)

Grafickou integrací zjišťujeme polohu nebo rychlost z grafu rychlosti, resp. zrychlení. Spočívá v geometrickém výpočtu obsahu plochy pod grafem funkce. Funkce v těchto příkladech jsou zadány jako „hezké“ analytické funkce. Jsou vždy kombinací lineárních a konstantních funkcí. (obr. 11)

V [P1] se termíny graf. derivace a integrace nevyskytují, ale de facto obsahuje příklady k jejich aplikaci. Jen jim tak neříká. Příklady na graf. integraci obsahují funkce složené z konstantních funkcí, výpočet plochy je tudíž zjednodušen na tzv. počítání čtverečků.

př. 2.6 s. 32 [O]

Graf zobrazuje polohu studenta v závislosti na čase.

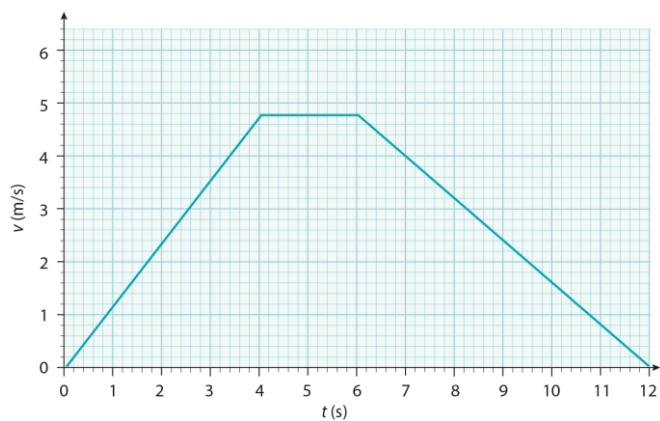


obr. 20

- Řekněte nám, jaký byl pohyb studenta během měření.
- Z grafu určete okamžitou rychlost žáka ve 3,0 s.

př. 2.9 s. 32 Otava

Pohyb psa běžícího na vytrvalostní dráze (dráha ve smyslu neterminologickém! pozn. aut.) je popsán v souřadném systému (t, v) . Odpovězte na otázky na základě grafu.



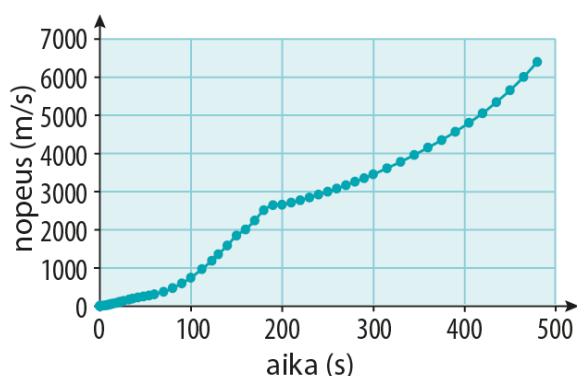
obr. 21

- Popište pohyb psa.
- Určete zrychlení psa v různých fázích běhu.
- Odhadněte, jak daleko pes běžel

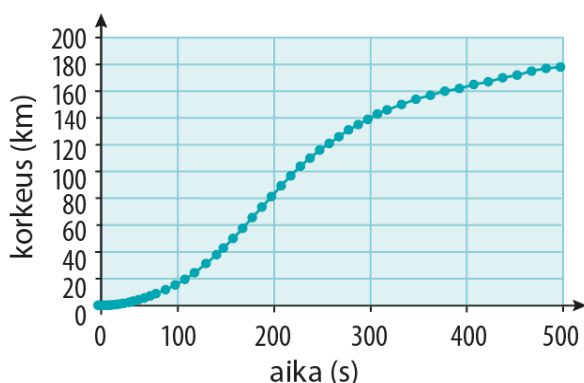
Zajímavý příklad

př. 3 [O] (s. 26) K získání údajů o rychlosti a výšce rakety v určitých okamžicích bylo použito video ze startu nosné rakety Falcon Heavy. Z těchto údajů byly vytvořeny přiložené grafy.

- V jakém čase dosáhla raketa maximálního zrychlení? Jak vysoké bylo zrychlení?
- V jaké výšce se raketa nacházela v okamžiku maximálního zrychlení?
- Jaké bylo průměrné zrychlení rakety mezi 0 s a 400 s?



Obr. 22

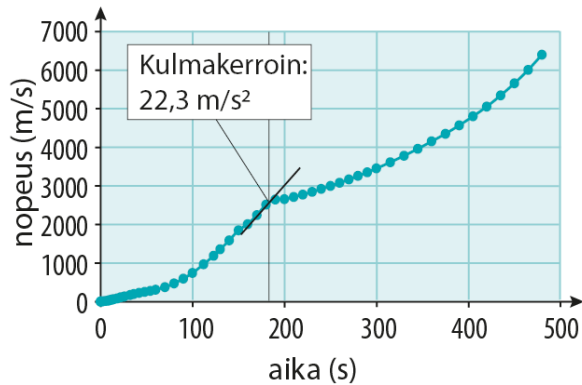


Obr. 23

Při startu raketa zrychluje, protože se stoupáním se stává lehčí a odpor horních vrstev atmosféry se snižuje. Po vypnutí motorů v centrální části trupu a uvolnění prvního stupně rakety se zrychlení na okamžik sníží. Po spuštění motoru druhého stupně se zrychlení začne opět zvyšovat.

Řešení

- Zrychlení rakety dosáhlo maxima v okamžiku, kdy směrnice tečny grafu rychlosti vyneseno do souřadného systému (t, v) dosáhl maxima. Graf rychlosti stoupá nejstrměji v čase $t = 180$ s. Směrnice tečny neboli zrychlení je pak $22,3 \text{ m/s}^2$.



Obr. 24

b) Z grafu výšky lze určit, že v čase $t = 180$ s byla raketa ve výšce 80 km.

c) Na začátku $t_1 = 0$ s a rychlost rakety $v_1 = 0$ m/s. V čase $t_2 = 400$ s je rychlost rakety $v_2 = 4700$ m/s. Průměrné zrychlení

$$a_k = \Delta v / \Delta t = (v_2 - v_1) / (t_2 - t_1) = (4700 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}) / (400 \text{ s} - 0 \text{ s}) = 11,75 \text{ m/s}^2 \approx 12 \text{ m/s}^2.$$

Průměrné zrychlení rakety se pohybovalo kolem 12 m/s^2 .

Data vynesená do grafů jsou žákovi k dispozici také v podobě tabulky. Proč je tento příklad pozoruhodný? Z grafu rychlosti není na první pohled patrné, v kterém okamžiku je zrychlení maximální, pomůže ale vytipovat přibližný interval, v němž se maximální zrychlení bude vyskytovat (100 s – 200 s). V tabulkovém procesoru vypočteme okamžité zrychlení pro všechny časy v tomto intervalu a najdeme mezi nimi to nejvyšší.

Povšimněte si, že derivací grafu polohy nedostanete graf rychlosti. Čím to? 2. graf (obr. 23) je totiž grafem zobrazující *korkeus* – nadmořskou výšku, a nikoliv veličinu *paikka* – poloha, natožpak veličinu *matka* – dráha. Raketoplán totiž neletí po přímce, ale po zakřivené trajektorii. Na svislé ose prvního grafu by mělo být napsáno *vauhti* – velikost rychlosti, neboť přesně to zobrazuje. Raketoplán se pohybuje v prostoru. I kdybychom uvažovali pohyb v jedné rovině, na popis rychlosti bychom stále potřebovali dvě čísla. Poloha by potom také musela udat jak vodorovnou, tak svislou složku. V příkladu, jak je zadáný, udává jen svislou, jejíž rychlost změny se – přes zvyšující se velikost rychlosti, a dokonce přes zvyšující se velikost zrychlení – snižuje.

Příklad je zajímavý tím, že k zodpovězení otázek si nepotřebujeme tuto zdánlivou diskrepanci ve vztahu dvou grafů uvědomit – je to rébus pro ty, kdož mají prostor přemýšlet za hranici položených otázek.

3. Pracovní list

Ve finských knížkách jsme našli postupy a příklady, které se v našich učebnicích nevyskytují. Proto jsme je přeložili a chtěli vyzkoušet na českých žácích. Nabízeli se příklady na grafickou integraci a derivaci, a příklady v nichž zadání obsahuje naměřená data. Rozhodli jsme se pro příklady z učebnice [O], v nichž je třeba hledat odpovědi na otázky v naměřených datech. Pracovní list byl vytvořen pro práci v tištěné podobě (k nahlédnutí v příloze na s. 54).

Metoda akčního výzkumu

Cílem je začlenit vybrané pasáže z finské elektronické učebnice do výuku u nás na gymnáziu. Jako výzkumnou metodou byl zvolen akční výzkum učitele, který, jak uvádí Nezvalová (2003) následuje těchto šest kroků:

1. Uvádění změny, nového postupu s cílem dosáhnout lepších výsledků
2. Očekávání (co můžeme očekávat pozitivního a jaké obtíže mohou nastat)
3. Pravidelné získávání informací o změnách a sledování reakce zúčastněných
4. Vyhodnocování získaných informací
5. Navrhování alternativních postupů
6. Využití nového postupu (návrat k prvnímu kroku, revize získaných zkušeností vedoucí ke zkvalitnění nově uvedeného postupu)

Plán vyučovací hodiny

Pro žáky jsme připravili pracovní list, který obsahoval 3 příklady z učebnice [O], a zpětnovazebný dotazník. 2 příklady obsahovaly datové sady ve velikosti, v níž bylo možné je vytisknout na papír. Zadání 3. Příkladu bylo upraveno z tabulky na zadání grafem, jelikož tabulkové zadání mělo několik set řádek. Ke každému zadání měli žáci zadané tři až pět úloh. Jenalo se o zjišťování průměrných rychlostí, okamžitých rychlostí, vynášení dat do grafu, zjišťování hodnoty maximální rychlosti klasifikace pohybu v jednotlivých časových intervalech.

Příklady se tematicky dotýkali kinematiky. Pro žáky kvinty v druhém pololetí to bylo téma, s nímž se již setkali, ale už ho neměli v živé paměti. Plán hodiny proto počítal s frontálními vstupy, v nichž učitel zavede potřebné koncepty. Zavedené koncepty byly:

- Vynášení dat z tabulky do grafu,
- Průměrná rychlost $v_p = \Delta x / \Delta t = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1)$,
- Okamžitá rychlost jako průměrná rychlost pro velmi malé Δt . V kontextu příkladů „velmi malé“ znamenal rozdíl časů dvou nejbližších naměřených hodnot.
- Souvislost strmosti grafu polohy s rychlostí,

Realizace aktivity

Pracovní list byl zadán dvěma kvintám na jednom gymnáziu. V kvintě A bylo deset žáků a v kvintě B jedenáct žáků. Kinematiku probírali přibližně půl roku před prací s naším listem. V obou kvintách již probíhala hodina podle vyučovacího plánu. Rámec hodiny byl dán úlohami v pracovním listu. Od potřeby řešit úlohy se odvíjel potřený výklad - šlo vždy o krátký frontální vstup, v němž učitel vysvětlil potřebný koncept nebo veličinou rovnicí. Mimo to probíhala hodina v podobě práce studentů, kteří o úkolech diskutovali mezi sebou a s učitelem. Učitel chodil mezi žáky a individuálně s nimi probírat problémy, měli-li nějaké, a kladl jim dodatečné podnětné otázky, šlo-li jim vše hladce.

Zpětná vazba a vyhodnocení průběhu hodiny

Hodiny měly velmi příjemný průběh, byl jsem až překvapen, jak se studenti do řešení pracovního listu zabrali. Diskuze mezi studenty byla živá, dotazy k učiteli byly trefné a k věci.

Při opakování pojmu průměrná rychlost jsme narazili na pozoruhodný problem. Ilustrujeme ho výňatku z rozhovoru s žákem:

- | | |
|---------|---|
| Učitel: | Jak se počítá průměrná rychlost? |
| Žák: | Sečíst všechny a vydělit to? |
| Učitel: | To není pravda. |
| Žák: | Jako když sečteme všechny ty rychlosti. |
| Učitel: | Jo rychlosti...ale rychlosti ještě nemáte. |
| Žák: | Nejdřív bych vypočítal tu rychlost, pak bych ty rychlosti sečetl. |

Takový myšlenkový postup nebyl ve zkoumaných třídách ojedinělý. Tento příklad ukazuje, že i žáci, kteří již kinematiku probrali, sklouzávají k výpočtu průměrné rychlosti jako k průměru okamžitých rychlostí na daném intervalu.

V rámci pracovního listu žáci vyplnili krátký dotazník. Dotazník měl podobu čtyř výroků, u nichž žáci na pětibodové Likertově škále kroužkovali, nakolik se s ním ztotožňují. Možnosti na výběr byly: rozhodně souhlasím, spíše souhlasím, nevím, spíše nesouhlasím, rozhodně nesouhlasím. Otázky byly formulovány pozitivně (Dnešní hodina fyziky byla jednoduchá), i negativně (vůbec jsem nepochopil, co jsme dnes dělali). Výsledky dotazníku uvádějí tabulky 31 a 32 níže. U každého stupně škály je uveden absolutní počet žáků, který tento typ škály vybral. Výsledky dotazníku odpovídají subjektivnímu dojmu z hodiny, tj. převažují hodnocení pozitivní. 13 žáků souhlasilo s výrokem „dnešní hodina fyziky byla jednoduchá.“

Na první pohled je patrné, že pro žáky bylo téma nové, v kvintě A 7 žáků a v kvintě B 6 žáků uvedlo, že souhlasí s tím, že se dověděli něco nového. Na víceméně reverzní otázku “Vše z této hodiny jsme již dříve probírali” odpovídali spíše nesouhlasně. Z hlediska obtížnosti jim dané téma připadalo spíš jednoduché, naopak k tvrzení “Vůbec jsem nepochopil/a, co jsme dnes dělali” se vyjadřovali spíše negativně.

	kvinta A	++	+	0	-	--
1.	Dnešní hodina fyziky byla jednoduchá	2	5	3	0	0
2.	Dozvěděl/a jsem se něco nového	5	2	2	0	0
3.	Vůbec jsem nepochopil/a, co jsme dnes dělali	0	0	3	3	4
4.	Vše z této hodiny jsme již dříve brali	0	2	3	1	3

tab. 31 dotazník z kvinty A

	kvinta B	++	+	0	-	--
1.	Dnešní hodina fyziky byla jednoduchá	0	4	0	4	1
2.	Dozvěděl/a jsem se něco nového	2	4	1	1	2
3.	Vůbec jsem nepochopil/a, co jsme dnes dělali	0	1	2	4	3
4.	Vše z této hodiny jsme již dříve brali	2	3	2	2	1

tab. 32 dotazníky kvinty B

Návrh na úpravu aktivity

V první úloze měli žáci za úkol vynést data do grafu. Většine to nečinilo potíže, někteří však tímto úkolem strávili dlouhou dobu. V pracovním listu by bylo vhodné vytisknout buď připravené souřadnicové osy nebo čtverečkovou osnovu. Mimo to hodina probíhala podle představ a nic by se nan í upravovat nemuselo.

Závěrem

Problémy české učebnice od *Bednařika, Široké* (2000) jsou: používání pojmu *rychlost* místo pojmu *velikost rychlosti*, používání pojmu *dráha* ve významu *trajektorie*. Příčina těchto záměn leží nejspíše ve vlivu neterminologických významů pojmů. Při definování pojmů bychom si musíme uvědomovat případný neterminologický význam nejen kvůli jeho výuce, ale také proto, abychom jej jako učitelé a tvůrci učebnic sami nezaměňovali. Učebnice staví zkoumání pohybu na *dráze*, kdežto finské učebnice pracují s *polohou a změnou polohy*. Česká učebnice na rozdíl o finských protějšků zavádí kinematické rovnice ve skalární podobě, kvůli čemuž témata zbytečně bobtnají a složití. V důsledku nevhodně provedené restrukturalizace se některé pojmy začnou používat dříve, než se definují. Obě české učebnice zavádí koncepty, které se dále nepoužívají. Např. *poloha hmotného bodu*. V úvodu se s ním setkáme, ale dále v kinematice nemá žádné využití.

Starší verze (1993) nemá problémy se strukturou, je to ale učebnice velmi rozsáhlá a tzv. ukecaná. Při jejím zeshňování se bohužel povedlo zvýšit počet vztahů a zákonů, které jsou uvedeny v rámečku. Rozdělení učiva na základní a rozšiřující mohlo být provedeno lépe – například uvést ho na konci kapitoly, jak to činí [O]. Takto narušuje kontinuitu výkladu základního učiva. Zde se inspirace Finskem nabízí: porovnáme-li [F4] a [O], vidíme, že změna vzdělávacích plánů si vyžádala učebnice napsané znova od základů, a že nevznikla proškrtáním učebnice stávající. Dnešní střední školy jsou v situaci, kdy musí naplňovat současné RVP za použití třicet let staré učebnice.

Finské knížky jsou postaveny na stručně představené teorii a rozsáhlé sbírce úloh. Ze srovnání počtu úloh je vidět, že [O] jich obsahuje téměř dvojnásobné množství, než [BŠ93,00]. V tom by se mohly české učebnice inspirovat. Důraz finských učebnic kinematiky spočívá na upevňování souvislostí mezi grafy polohy, rychlosti a zrychlení skrze *grafickou derivaci a grafickou integraci*. Další důraz je kladen na práci s naměřenými daty. I zde bychom se mohli od Finů inspirovat. Jak bylo vyzkoušeno na českých žácích, práce s daty jim nedělala problém, přestože se nikdy s úlohami podobného typu nesetkali. Šlo jim to a myslím, že i docela bavilo.

Finský jazyk má výhodu, že má jednoslovný termín jak pro *rychlost* (*nopeus*) tak pro *velikost rychlosti* (*vauhti*), a dále že tvoří nová slova skládáním. Např. český pojem *velikost průměrné rychlosti* se finsky řekne *keskivauhti*. Zvláštní je ale, že finské učebnice pojem *vauhti* téměř nepoužívají. Zacházejí sice s jednorozměrnými, ale stále s vektory rychlostí.

Zatímco v českých učebnicích může být rovnoměrný pohyb přímočarý i křivočarý, finský ekvivalent *muutuva liike* je definovaný jako pohyb s konstantní rychlostí – nutně je tedy pouze přímočarý. Ve finských knížkách se ale nedočteme definici *dráhy*.

V čem jsou všechny zkoumané knížky shodné, je přítomnost řešených příkladů. Ty jsou v [BS00,93] solidní. Řešení je vždy popsáno pochopitelně a nikoliv přebytečně.

Elektronická učebnice poskytuje novou škálu možností, např. rozsáhlé datové sady ke zpracování a aplety v geogebře, výuková videa a podporu pro zrakově postižené v podobě načteného výkladu, možnost učitele kontrolovat postup žáků a možnost jim zadávat individuální práci. Nevýhodou je ale nutnost mít počítač s připojením k internetu. Zde by bylo zajímavé provést výzkum, jak vnímají rozdíl mezi papírovými učebnicemi a učebnicemi elektronickými jejich uživatelé – finští žáci. Při analýze celé kapitoly bylo na překážku, že nemohou učebnicí rychle přelistovat. Přejít z jedné stránky na druhou byl podmíněn několikasekundovým načítáním. To je však problém, který žáka tolik trápit nebude. Další trable nastávaly na začátku práce s knihou. Při přihlašování na finský server je – alespoň uživatel v Česku – vyzván k odkliknutí políčka nejsem robot, poté několikrát opakovaná grafická captcha, a to celé ještě jednou. Z hlediska duševní hygieny je také třeba zvážit, zda je vhodné zvyšovat čas, který děti tráví před obrazovkou. Tento poslední důvod bych uvedl jako zásadní, proč se za současné situace vyslovujeme proti elektronickým učebnicím v českém školství. V budoucnu k tomu nejspíše dospějeme, ale musíme nejdříve děti systematicky učit, jak zacházet s časem stráveným před obrazovkou a na síti.

Tvorba nových učebnic souvisí s jejich financováním. Finsko je sociální stát, který vynakládá na vzdělání velké prostředky, mj. učebnice hradí středoškolákům stát. Díky tomu jsou nakladatelství motivovaná k financování vývoje nových učebnic, podobně jako je tomu u nás s učebnicemi základoškolskými. Aby u nás mohly vznikat kvalitní učebnice, jimž byla věnována řádná péče, musí být jejich autoři odpovídajícím způsobem odměněni.

S tím souvisí stabilita vzdělávacího programu. Vývoj učebnice je dlouhodobá záležitost. Pokud bychom každých 5 let provedli zásadní revizi vzdělávacích programů, můžeme veškeré úsilí s psaním literatury rovnou hodit do koše. Je to nesmyslné i z dalšího, ještě důležitějšího hlediska. Jak ukazuje Finsko, přínosy zásadní školské reformy se ukážou nejdříve za 20 let. Strategie 2030+ tak působí jako zboží, které kupujeme s prošlou záruční lhůtou.

Seznam použité literatury

Učebnice

BEDNAŘÍK, Milan, Miroslava ŠIROKÁ a Petr BUJOK. *Fyzika pro gymnázia: mechanika*. Praha: Prometheus, 1993. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-901619-3-6.

BEDNAŘÍK, Milan a Miroslava ŠIROKÁ. *Fyzika pro gymnázia: mechanika*. 3., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2000. ISBN 80-7196-176-0.

BEŇUŠKA, Jozef. *Sila a pohyb, fyzika pre gymnáziá*. ISBN 978-80-970124-5-8.

HATAKKA, Jukka a kol. *Physica 1: Fysiikka luonnontieteenä*. 4. vydání. Helsinki: WSOYpro Oy, 2009. ISBN 978-951-0-24937-6.

KIRJU, Mirjami a kol. *Vipu 4 (LOPS21) — FY4 Voima ja liike*. Digitální učebnice. Kustannusosakeyhtiö Otava 2021, ISBN 978-951-1-37723-8, 978-951-1-37722-1.

LEHTO, heikki a kol. *Fysiikka 4: liiken lait*. 4. vydání. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi, 2009. ISBN 978-951-26-5265-5.

MAREK, Jiří. *Fyzika pre 1. ročník gymnazií*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1972.

TSOKOS, K. A. *Physics for the IB Diploma, Sixth Edition*. Cambridge University Press, 2014. ISBN 978-1-107-62819-9.

Ostatní materiály

Heimovaara 2021

HEIMOVAARA, Elisa. *Předmět Education in Finland*, Jyväskylän Yliopisto, 2021.

KARHU, Pirjo. *Key figures on general upper secondary education in finland*. Finnish National Agency for Education, 2018, ISBN 978-952-13-6590-4.

KARHU, Pirjo. *Facts and figures on general upper secondary education in Finland*. Finnish National Agency for Education, 2019.

Mandíková, D., Trna, J.: *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Paido, Brno, 2011. 245 s. ISBN 978-80-7315-226-0.

NEZVALOVÁ, Danuše. *Akční výzkum ve škole*. *Pedagogika: časopis pro pedagogickou teorii a praxi*. Praha: Státní nakladatelství učebnic, 2003, 53(3), 300-308.

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia, Výzkumný ústav pedagogický v Praze 2007, revize 2021. ISBN 978-80-87000-11-3.

ŠVP Soukromé gymnázium ARCUS PRAHA 9, s.r.o. 2013.

Školní vzdělávací program Gymnázia Havlíčkův Brod, 2019.

ŠVAŘÍČEK, Roman a Klára ŠEĎOVÁ. *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha: Portál (vydavatelství), 2007. ISBN 978-80-7367-313-0.

ŽÁK, Vojtěch. Předmět *Didaktika fyziky II*. Katedra Didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta. 2020.

ŽÁK, V. (2016). Síly působící na matematické kyvadlo na 7 + 1 způsob. *Matematika–Fyzika–Informatika*, 25(4), 266–276. Získáno z <https://www.mfi.upol.cz/index.php/mfi/article/view/283> [21. 7. 2022]..

Příloha 1 – slovník pojmů

<i>Finsky</i>	<i>česky</i>	<i>příp. anglicky</i>
varhaiskasvatus	mateřská škola	ECEC – early childhood education and care
yhtenäiskoulu	základní škola	comprehensive school
keskikoulu	střední škola	upper secondary school
ammattikoulu	střední odborná škola	general upper sec. school
lukio	střední všeobecně vzdělávací škola	vocational school
yliopisto	vysoká škola univerzitního typu	university
ammattikorkeakoulu	polytechnika	university of applied sciences
aika	čas	
aikavälillä	v časovém intervalu, v období	
paikka	poloha	
siirtymä	změna polohy, přesun	displacement
rata	trajektorie	
matka	dráha (term.)	distance
	cesta, i přeneseně. asento	orientace, natočení
korkeus	výška, elevace	
nopeus	rychlost	velocity
hetkellinen nopeus	okamžitá rychlost	instantaneous velocity
keskinopeus	průměrná rychlost (dosl. střední)	average velocity
vauhti	velikost rychlosti	speed
keskivauhti	průměrná velikost rychlosti	average speed
kiihtyvyyt	zrychlení	
keskimääräinen kiihtyvyyt	průměrné zrychlení	
hetkellinen kiihtyvyyt	okamžité zrychlení	
liike	pohyb	
etenemisliike	posuvný pohyb	
pyöramisliike	otáčivý pohyb	
värahdysliike	kmitavý pohyb	
tasainen liike	rovnoměrný pohyb	
tasaisesta muutuva liike	rovnoměrně proměnný pohyb (ve smyslu zrychlený)	
tasaisesti kiihtyvä liike	rovnoměrně zrychlený p. (ve smyslu vel. rychlosti roste)	
yleinen liike	obecný pohyb	
putoamisliike	volný pád (dosl. padající pohyb)	
suoraviivainen liike	přímočarý pohyb	
vakio	konstantní	
suuri	velikost	
suure	veličina	
nopeuden suuri	velikost rychlosti	
kulmakerroin	směrnice (dosl. úhlový součinitel)	
kuva	graf, obrázek, fotografie	
käyrä	graf, křivka, křivý	
kappale	těleso, objekt, také píseň, skladba	

Příloha 2 – pracovní list

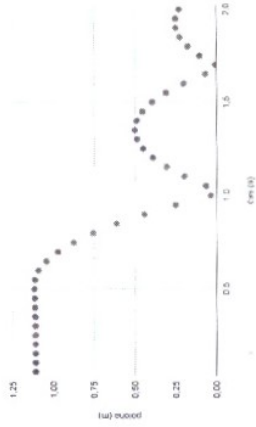
př. 2.10
Přimočarý pohyb řízením řízeného autíčka byl natočen videokamerou. Přiložená data měření ukazují polohu autíčka v různých časech.

čas (s)	poloha (m)
0	0
0,5	0
1	0
1,5	0,03
2	0,1
2,5	0,23
3	0,43
3,5	0,71
4	1,09
4,5	1,33
5	1,37
5,5	1,37

- Vynesete data do grafu polohy a času.
- Určete průměrnou rychlost vozu mezi 1,7 s a 4,2 s.
- Jak dlouho se auto pohybovalo?
- Přidejte tabulce další dva sloupce. V jednom vypočítejte změnu polohy, v druhém okamžitou rychlost.
- Vynesete hodnoty okamžitých rychlostí do grafu.

př. 2.14

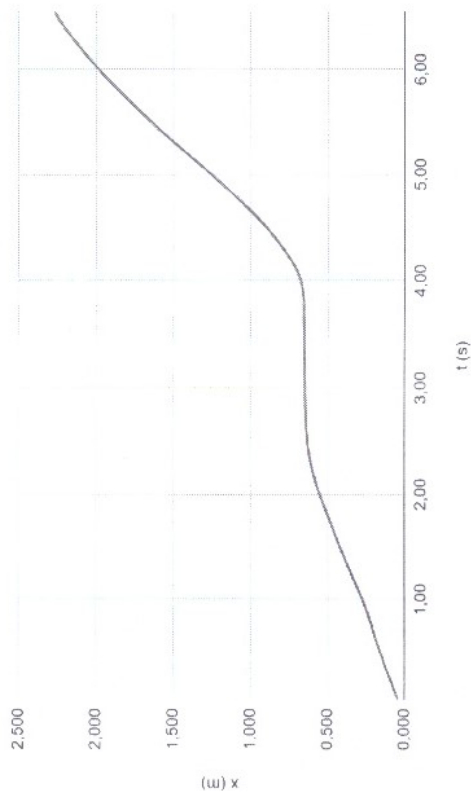
čas (s)	poloha (m)
0,05	1,11
0,1	1,11
0,15	1,11
0,2	1,11
0,25	1,11
0,3	1,11
0,35	1,11
0,4	1,12
0,45	1,12
0,5	1,12
0,55	1,12
0,6	1,10
0,65	1,05
0,7	0,98
0,75	0,88
0,8	0,76
0,85	0,61
0,9	0,44
0,95	0,25
1	0,04
1,05	0,07
1,1	0,20
1,15	0,31
1,2	0,39
1,25	0,45
1,3	0,49
1,35	0,50
1,4	0,49
1,45	0,45
1,5	0,40
1,55	0,31
1,6	0,20
1,65	0,07
1,7	0,01
1,75	0,10
1,8	0,18
1,85	0,23
1,9	0,25
1,95	0,25



- Vynesete data do grafu polohy v závislosti na čase
- Vyznačte do grafu body, kde je rychlost míče nulová.
- Jak vysoko se míč zvedne po prvním dopadu na podlahu?
- Kdy je rychlost míče největší? A jakou má velikost?

2.15

Chůze učitele byla měřena snímačem polohy a byly získány výsledky v přiložených datech měření.



- Popište pohyb učitele v různých časových intervalech.
- Určete rychlost učitele v čase 5,0 s. (tabulka s naměřenými daty je promítána)
- Jaká byla průměrná rychlost chůze učitele mezi 1,0 s a 6,0 s?

Dotazník. U každého výroku zakroužkuj jednu z pěti možností na základě toho, jak se s ním ztotožňuješ.
++ rozhodně souhlasím, + spíše souhlasím, 0 nevím, - spíše nesouhlasím, -- rozhodně nesouhlasím

- Dnešní hodina fyziky byla jednoduchá. ++ + 0 - - -
- Dozvěděl/a jsem se něco nového. ++ + 0 - - -
- Vůbec jsem nepochopil/a, co jsme dnes dělali. ++ + 0 - - -
- Vše z této hodiny jsme již dříve brali ++ + 0 - - -