Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra experimentální fyziky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Netradiční fyzikální úlohy

Autor:	Adam Burkuš
Studijní program:	B1701 Fyzika
Studijní obor:	1701R003 Fyzika pro vzdělávání (ma) 1407R006 Chemie pro vzdělávání (mi)
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	RNDr. Renata Holubová, CSc.
Termín odevzdání práce:	duben 2024

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Renaty Holubové, CSc. a že jsem použil zdrojů, které cituji a uvádím v seznamu použitých pramenů.

V Olomouci …………………   ………………………………
Adam Burkuš

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval paní RNDr. Renatě Holubové, CSc. za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky při vypracovávání mé bakalářské práce. Také děkuji své rodině a přátelům za podporu a inspiraci při tvorbě netradičních fyzikálních úloh.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora	Adam Burkuš
Název práce	Netradiční fyzikální úlohy
Typ práce	Bakalářská
Pracoviště	Katedra experimentální fyziky
Vedoucí práce	RNDr. Renata Holubová, CSc.
Rok obhajoby práce	2024

Abstrakt

Práce obsahuje analýzu současných učebnic fyziky na středních školách a podobu úloh řešených ve výuce fyziky. V souvislosti s tradičními početními úlohami pak práce uvádí zajímavé netradiční typy fyzikálních úloh, konkrétně úlohy divergentní (otevřené), Fermiho úlohy a badatelské úlohy. V závěru práce je sestavena sbírka těchto typů fyzikálních úloh pro použití na středních školách k oživení výuky a rozvoji nadaných žáků.

Klíčová slova	fyzikální úlohy, divergentní úlohy, Fermiho úlohy, badatelské úlohy, didaktika fyziky
Počet stran	77
Počet příloh	0
Jazyk	Český

Bibliographical identification:

Autor’s first name and surname	Adam Burkuš
Title	Unconventional physics tasks
Type of thesis	Bachelor
Department	Department of Experimental Physics
Supervisor	RNDr. Renata Holubová, CSc.
The year of presentation	2024

Abstract

The thesis contains an analysis of current physics textbooks used in secondary schools and the form of tasks solved during physics classes. In the context of traditional computational problems, the thesis presents interesting unconventional types of physics tasks, namely divergent (open-ended) questions, Fermi problems and research tasks. At the end of the thesis, a collection of these types of physics problems is compiled for use in secondary schools to enhance teaching and foster the development of talented students.

Keywords	physics questions, open-ended questions, Fermi questions, research questions, didactics of physics
Number of pages	77
Number of appendices	0
Language	Czech

Obsah

Úvod

Řešení fyzikálních úloh je nedílnou součástí výuky fyziky již od nepaměti. Po stejnou dobu je však tato činnost mezi žáky velice neoblíbená. Důvodem může být především fakt, že se v hodinách fyziky řeší převážně nezajímavé, málo variabilní a těžko představitelné úlohy, které vyžadují pouze strohé matematické operace, aniž by motivovaly žáky k jejich vyřešení, natož ke kreativnímu způsobu myšlení. Žáci tak pod tíhou počítání nejsou schopni a koneckonců ani nechtějí vidět smysluplnost řešení takovýchto modelových situací, natožpak přítomnost fyzikálních zákonitostí v každodenním běžném životě. Odpovědí na tento problém mohou být netradiční fyzikální úlohy, a to zejména divergentní úlohy, Fermiho úlohy a badatelské úlohy, jejichž zařazení do hodin fyziky může posloužit k ozvláštnění tradiční výuky a co největšímu přiblížení vyučované látky k situacím z běžného života. Žáci tak pochopí to, co jim učitelé fyziky neustále marně opakují, tedy že fyzika je všude kolem nás a zásadně ovlivňuje všechny aspekty našeho života.

Cílem této práce je nejprve analyzovat současné sbírky fyzikálních úloh používané ve výuce fyziky na středních školách a zhodnotit podobu dnes běžně zadávaných fyzikálních úloh z hlediska míry kreativity a fyzikálního myšlení, které jsou potřeba uplatnit během jejich řešení. Dalším krokem v této práci bude definovat, co vše by měla obsahovat správně koncipovaná fyzikální úloha, jaké jsou typy tradičních fyzikálních úloh a jaké metody jsou běžně využívány k jejich vyřešení. Jako protipól k těmto tradičním fyzikálním úlohám budou představeny tři typy výše zmíněných netradičních fyzikálních úloh. Každá kategorie úloh bude rozebrána z hlediska obsahu a formy zadání, požadavků kladených na žáka a optimální strategie řešení příslušného typu úlohy včetně vzorově zadaného a vyřešeného příkladu.

V závěru práce bude cílem pokus o sestavení vlastní modelové sbírky netradičních fyzikálních úloh, která bude moci sloužit středoškolským učitelům fyziky k ozvláštnění výuky a vzbuzení zájmu o řešení fyzikálních problémů. Úlohy zařazené do sbírky si budou klást za cíl rozvoj kreativního a originálního přístupu žáků k řešení fyzikálních příkladů. Tato sbírka bude obsahovat jak divergentní úlohy, tak Fermiho problémy a ukáže také vzorové badatelské úlohy podobné těm, které se řeší v rámci soutěže Turnaj mladých fyziků. Ke každému uvedenému zadání je připojeno také vzorové řešení, popř. několik možných řešení. Tato autorská řešení však slouží pouze jako inspirace, jelikož již z podstaty těchto úloh je jasné, že jedno správné řešení neexistuje.

1 Analýza současných učebnic fyziky

V současné době se při výuce fyziky na základních a středních školách používají učebnice fyziky, které obsahují kromě teoretických poznatků také několik početních úloh nebo kontrolních otázek, zpravidla na konci každého tematického celku. Zvláštním typem učebnic jsou tzv. sbírky příkladů, které obsahují jednotlivé úlohy procvičující znalosti žáka z vybraných oblastí fyziky. Obtížnost těchto úloh je přizpůsobena stupni a typu školy, kterou navštěvuje žák, jemuž je sbírka příkladů určena. Nejčastěji se takovéto učebnice dělí na sbírky úloh pro základní školy, sbírky úloh pro střední školy a někdy je také vyčleněna kategorie sbírek úloh pro střední odborná učiliště.

Úlohy ve sbírkách jsou převážně početní, pouze malé procento příkladů je kladeno formou otázky, na kterou lze odpovědět bez předchozího počítání. Prakticky všechny úlohy napříč všemi sbírkami pro střední školy jsou přímočaré a žáky nenutí hlouběji pochopit danou problematiku nebo zapojit kreativní uvažování.

1.1 Sbírky úloh z fyziky na středních školách

Výběr papírových sbírek úloh z fyziky pro střední školy je poměrně široký. Mezi nejoblíbenější tituly patří Fyzika: Sbírka úloh pro střední školy od doc. Oldřicha Lepila, CSc. z roku 1995 a čtyřdílná série s názvem Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy I–IV od RNDr. Karla Bartušky z roku 1997. Dále jsou to například Fyzikální úlohy pro střední školy od RNDr. Vojtěcha Žáka, Ph.D. nebo Sbírka úloh z fyziky kolem nás od RNDr. Josefa Nahodila, obě vydané v roce 2011.

Sbírky řešených úloh z fyziky od RNDr. Karla Bartušky jsou rozčleněny na osm logických kapitol, přičemž na začátku každé kapitoly je stručné shrnutí fyzikálních vztahů, potřebných pro úspěšné vyřešení všech příkladů v kapitole. Dále jsou uvedeny jednotlivé úlohy včetně vypracovaného řešení. Toto je na Bartuškových sbírkách výjimečné, většinou totiž podobné sbírky úloh obsahují pouze seznam číselných řešení uvedený vždy na konci knihy, popř. je řešené pouze malé procento většinou těch náročnějších příkladů. Na druhou stranu jsou však všechny díly Bartuškovy tetralogie tvořeny výhradně početními příklady. Téměř všechny úlohy lze vyřešit správným zvolením zapamatovaného vztahu zadaných veličin a číselné určení správného výsledku. Příkladem je např. úloha č. 167 druhého dílu série, která zní „Jakou rychlostí se šíří vlna, jestliže má vlnovou délku 0,425 m a kmitočet 2,5 kHz?“ [1, s. 146]. Žáci nejsou nuceni se nad předloženými problémy zamyslet, nebo navrhnout nějaké netradiční řešení situace pomocí svých dosavadních znalostí. Nevyskytují se zde žádné úlohy na objasnění určitých fyzikálních jevů nebo na ověření, zda žák skutečně chápe širší souvislosti probíraného tématu.

Druhou sbírkou úloh pro SŠ, která stojí za povšimnutí, je Sbírka úloh z fyziky kolem nás od RNDr. Josefa Nahodila. Tato učebnice je zajímavá hlavně tím, že se v ní autor rozhodl vymyslet zadání fyzikálních úloh co možná nejatraktivněji pro dnešní mladou generaci žáků. V zadání jeho příkladů vystupují reálné údaje nejen z oblasti techniky, ale i biologie, zeměpisu, chemie, medicíny, sportu a spousta dalších oborů, které lze s výukou fyziky efektivně propojit. Místo abstraktních situací, myšlenkových experimentů nebo čistě laboratorních pokusů, autor čtenáři předkládá reálné údaje a ptá se na veličinu, jejíž výsledek se zaprvé taktéž zakládá na pravdivých hodnotách (tedy nenalezneme zde úlohu, ve které žárovkou prochází proud 30 A) a zadruhé v žákovi vzbuzuje skutečnou zvědavost nalézt výsledek. Vypočítaná hodnota totiž žákovi téměř vždy prozrazuje nějakou zajímavost z historie nebo současných reálií, popř. potvrzuje nebo vyvrací v úvodu nastolenou domněnku. V Nahodilově Sbírce úloh z fyziky kolem nás tedy žák nenalezne úlohu, ve které má spočítat dobu, za kterou těleso o rychlosti 120 km/h urazí dráhu 10 m, ale má za úkol zjistit „Jakou dobu má na reakci hokejový brankář, jestliže na jeho branku vystřelil útočník puk ze vzdálenosti 10 m rychlostí 120 km/h.“ [2, s. 16].

Sám autor v úvodu sbírky píše, že se snažil, aby zadání jeho příkladů bylo zajímavé obsahem i formou, aby v žákovi vzbuzovalo zájem o dané téma a podněcovalo v něm představivost. Nejdůležitějším kritériem při tvoření úloh pro něj bylo, aby základem byly reálné situace ze světa kolem nás a každý výsledek byl pro řešitele určitým přínosem, který mu přináší určitou informaci o fyzice jako mocném nástroji v rukou člověka. [2, s. 10] Toto snažení sice přineslo své ovoce a sbírka patří, dle mého, k jedněm z nejzajímavějších na trhu, ovšem tak jako ostatní zcela opomíjí úlohy, při kterých by žák mohl uplatnit divergentní myšlení, originální řešení nastoleného problému nebo vlastní badatelskou činnost. I přes veškerou autorovu snahu se tedy stále jedná o tradiční podobu úloh, jejichž řešení lze určitou praxí zautomatizovat a zcela potlačuje jakékoliv inovativní myšlení a kreativitu.

1.2 Sbírky úloh z fyziky na středních odborných učilištích

Sbírka úloh z fyziky, která je určena výhradně pro žáky středních odborných škol a středních odborných učilišť, je Sbírka úloh z fyziky pro SOŠ a SOU od autorky

RNDr. Věry Miklasové z roku 1999. Tato sbírka příkladů je členěna na sedm kapitol dle tradičního rozdělení fyziky. Každá kapitola v úvodu obsahuje pouze jednotky příkladů, které nejsou čistě početní. Úlohy, které vyžadují žákův slovní popis nebo vysvětlení určitého fyzikálního jevu, jsou například „Popište pohyb elektronů, přenášíme-li zkušební tyčinkou na elektroskop a) záporný náboj b) kladný náboj.“ [4, s. 164] nebo „Vysvětlete, na jakém principu jsou založeny kapalinové teploměry.“ [4, s. 95]. Další příklady v každé kapitole jsou založeny na klasickém zvolení správného vztahu, dosazení hodnot a vypočítání správné hodnoty výsledku. Obtížnější příklady jsou označeny hvězdičkou. Větší obtížnost znamená, že se od žáka očekává použití složitějšího vztahu pro výpočet nebo dvou vztahů zároveň.

Vzhledem k tomu, že je sbírka úloh určena pro žáky odborných škol, jsou příklady sestaveny tak, aby byly fyzikální problémy lépe představitelné a co nejblíže technické praxi. Autorka učebnice se snaží vyhýbat slovům jako těleso, ideální plyn, harmonický oscilátor, optické prostředí a nahrazuje je technickými výrazy jako žárovka, nákladní vozík, motorový olej či kytarová struna.

1.3 Sbírky úloh z fyziky na gymnáziích

Sbírky fyzikálních úloh pro gymnázia sice oficiálně neexistují, jelikož žádná ze sbírek není výslovně určena pouze pro gymnázia, ale z hlediska náročnosti příkladů by se do této kategorie daly zařadit přinejmenším dvě učebnice, konkrétně Fyzikální úlohy pro střední školy od RNDr. Vojtěcha Žáka, Ph.D. z roku 2011 a Fyzika: Sbírka úloh pro střední školy od doc. Oldřicha Lepila, CSc. z roku 1995. Vycházet lze také z toho, že Žákova sbírka se prezentuje jako příprava k nové maturitě a že Lepilova sbírka je zamýšlena jako součást osmidílné série učebnic Fyzika pro gymnázia.

Fyzikální úlohy pro střední školy od V. Žáka se již tradičně dělí na sedm ucelených oddílů dle jednotlivých disciplín fyziky a jeden bonusový oddíl s náročnějšími úlohami pro nadané žáky. Každý oddíl se pak dále dělí na dvě části, a to na část A s řešenými příklady a na část B s příklady na procvičení. V části B jsou tedy správné výsledky uvedeny vždy až na konci příslušného oddílu. Jinak se sbírka téměř v ničem neliší např. od Bartuškovy tetralogie. Příklady s řešením i příklady k procvičení jsou zde téměř výhradně přímočaré, vyžadující pouze číselné řešení dané úlohy dosazením zadaných hodnot do správně zvoleného vztahu. Místy se zde samozřejmě nacházejí něčím ozvláštněné úlohy jako například úloha B 3.11 „Do mikrovlnné trouby by se neměly mimo jiné dávat talíře zdobené zlatem. Vysvětlete, co by se v opačném případě mohlo stát.“ [5, s. 180], kde žák musí nejprve identifikovat a poté svými slovy vysvětlit určitý fyzikální jev, což spolehlivě objasní, zda se dostatečně orientuje v dané problematice, či nikoliv.

Sbírka úloh pro střední školy od doc. Oldřicha Lepila, CSc. z roku 2023 (1. vydání již z roku 1995) obsahuje největší počet příkladů, které jsou něčím zajímavé a nezahrnují prosté dosazení čísel do kalkulátoru. V každé z devíti kapitol se objevuje spousta příkladů, kde je žák dotazován na vysvětlení fyzikální podstaty určitých jevů, například v kapitole Mechanika, konkrétně v úloze 127 ve znění „Při výstřelu musí voják držet pušku pevně. Vysvětlete proč." [6, s. 32] nebo v úloze 27 v kapitole 3 „Proč je voda v moři po silné bouři teplejší?" [6, s. 71]. Žák musí správně odhalit, co se s puškou při výstřelu děje a který fyzikální zákon tuto situaci popisuje, popř. jak tento zákon zní. Taktéž musí správně odhalit, že za ohřátím vody v moři stojí zákon zachování mechanické energie a odkud tato energie na ohřátí moře pochází.

Další neotřelý typ příkladů nastolí určitou situaci a žáci ji musí objasnit pomocí dosavadních fyzikálních poznatků, např. v úloze 66 na straně 120, která zní „Kus neizolovaného měděného vodiče složíme na polovinu a zkroutíme. Jak se změní jeho odpor?" [6, s. 120]. Tyto příklady dokonale prověřují, zda žák skutečně rozumí probírané problematice a dokáže aplikovat teoretické poučky na situace ze života. Bez zadaných číselných údajů musí žák znát obecné závislosti veličin, v tomto případě, že odpor vodiče roste s délkou a klesá s jeho kolmým průřezem.

Zadání příkladů, které kromě správného pochopení učiva testují i čtenářovu nápaditost a vynalézavost, je například úloha číslo 5 v 6. kapitole, která žákům ukládá „Navrhněte, jak lze při úplňku určit pomocí pravítka s milimetrovým dělením přibližnou hodnotu poloměru Měsíce. Víme, že Měsíc je od nás vzdálen 380 000 km." [6, s. 188]. Žák se nemůže spolehnout na žádnou informaci, kterou by se mohl předem naučit z učebnice, ale musí se spolehnout pouze na vlastní originální řešení, samozřejmě za předpokladů určitých matematických a fyzikálních znalostí.

Ve sbírce se často vyskytují příklady, které kromě dovedností zapamatovat si správný vztah a dosadit správné hodnoty do kalkulátoru ověřují i žákovu celkovou orientaci v učivu a schopnost vidět fyzikální situace v širším kontextu. Tato skutečnost je pravděpodobně dána tím, že hlavní autor této učebnice je doc. Oldřich Lepil, CSc., přední odborník na didaktiku fyziky u nás. Je pochopitelné, že díky svým znalostem didaktiky pečlivě volil podobu úloh s důrazem na to, aby ve sbírce byly zastoupeny příklady testující všechny aspekty fyzikálního poznání a aby zapojil všechny typy žákova myšlení.

Obě sbírky určené především pro gymnázia jsou si hodně podobné v koncipování svého obsahu. Obě se totiž zaměřují především na řešení početních úloh a na co nejpečlivější procvičení žáka ve všech možných variantách příkladů. Žák zde narazí na příklady zahrnující výpočet všech možných veličin, za všech možných situací a s téměř všemi možnými kombinacemi zadaných informací nebo počátečních podmínek. V obou sbírkách se hojně vyskytují příklady náročné, kdy je třeba kombinovat několik fyzikálních vztahů dohromady, vycházet ze složitých logických úvah, kreslit schémata apod. Všechny tyto postupy však stále víceméně směřují pouze k použití jediného správného vztahu zadaných veličin, číselnému dosazení a následnému výpočtu. Takovýmto způsobem se dá vyřešit valná většina úloh a může se stát, že se žák naučí řešit takovéto příklady bez hlubšího pochopení problematiky. Pokud například dostane úlohu, ve které má spočítat sílu působící na vodič v magnetickém poli, kterým prochází elektrický proud, může nastat situace, že si pouze vybaví zapamatovaný příslušný vzorec, ve kterém se vyskytuje kombinace zadaných veličin, tedy velikost magnetické indukce B, délka vodiče l a velikost elektrického proudu I. Ve vztahu dosadí za příslušná písmena odpovídající fyzikálním veličinám zadané číselné hodnoty, a nakonec s čísly provede požadovanou matematickou operaci, v tomto případě je mezi sebou vynásobí. Úspěšně tak vyřeší úlohu, aniž by třeba skutečně chápal podstatu této síly, nebo proč závisí přímo úměrně právě na těchto veličinách.

Nelze se nicméně divit, že většina sbírek příkladů z fyziky, obzvláště těch pro gymnázia, je koncipována právě takovýmto způsobem. Pokud se totiž žák střední školy rozhodne fyzice dále věnovat, existuje vysoká pravděpodobnost, že bude skládat maturitu z fyziky a následně i přijímací zkoušky z fyziky, kde se nejčastěji vyskytují právě takovéto početní příklady testující zejména znalost fyzikálních vztahů. V tomto ohledu tedy výše zmíněné sbírky příkladů připravují žáky znamenitě a byl to pravděpodobně záměr autorů už při jejich tvorbě.

1.4 Sbírky úloh z fyziky na vysokých školách

Učebnicemi používanými k výuce fyziky na vysokých školách se zpravidla rozumí skripta. Ta si ovšem každá katedra zhotovuje vlastní, ne-li pak každý vyučující, který vede příslušnou přednášku. Rovněž soubor procvičovacích úloh, které vyučující používá na seminářích, je obvykle originální a sestavený z mnoha zdrojů, často i zahraniční literatury a webových stránek.

V podstatě se však zadání vysokoškolských příkladů svou koncepcí neliší od těch středoškolských, jen náročnost úloh je o mnoho vyšší a není již tak dbáno na zábavnou formu zadání. V takto pokročilé fázi studia fyziky je však jasné, že je mnohem důležitější, aby zadání příkladů co nejefektivněji zopakovalo a upevnilo znalosti nabyté na přednáškách a žáka co nejlépe připravilo na použití těchto znalostí v budoucím zaměstnání. Následující část se tak bude zabývat spíše příklady využitelnými k výuce na střední škole.

2 Fyzikální úlohy

Fyzikální úlohy jsou nedílnou součástí výuky fyziky a efektivně doplňují frontální výklad teoretických poznatků o praktické procvičování znalostí. Fuka, Lepil a Bednařík definují fyzikální úlohu následovně: „Fyzikální úlohou rozumíme slovně formulovaný podnět k činnosti žáků, při které ze zadaných předpokladů a podmínek dospívají žáci určitou posloupností myšlenkových operací k závěru, který úloha požaduje v otázce nebo příkazu.“ [7, s. 218].

Pod slovním spojením „slovně formulovaný podnět k činnosti“ lze rozumět samotný text zadání úlohy, ve kterém je na začátku obsažen popis všech vstupních podmínek, jako je např. velikost fyzikálních veličin nebo schéma situace a na konci je konečná výzva k činnosti ve formě otázky nebo příkazu. Zmíněné myšlenkové operace lze rozčlenit do tří kategorií. Zaprvé lze provádět operace s fyzikálními pojmy, při kterých žák pracuje se skutečnostmi plynoucími z fyzikálních zákonů. Zadruhé může žák provádět operace s obecně platnými pojmy, při kterých se uplatňuje především jeho logické myšlení. Třetí kategorii tvoří operace s matematickými pojmy, při kterých je třeba brát v úvahu platnost matematických závislosti jako např. goniometrické funkce ale i obyčejné algebraické úpravy. Závěr úlohy pak může mít podobu slovní odpovědi, číselné hodnoty včetně fyzikální jednotky nebo grafický výstup. [7, s. 218]

Svoboda a Kolářová definují fyzikální úlohu podobným způsobem: „Fyzikální úloha (obecně každá úloha) je formulace požadavku na činnost žáka, kterou žák provádí za daných předpokladů a podmínek, a to poměrně složitou a bohatě strukturovanou aktivitou, která přispívá ke správnému chápání podstaty fyzikálních jevů a příčinných souvislostí mezi těmito jevy.“ [8, s. 119]. V této definici však autoři kromě samotného popisu jednotlivých součástí fyzikální úlohy vyzdvihují také přínos řešení úloh v procesu výuky. Podle nich tato aktivita přispívá hlavně k lepší celkové orientaci ve fyzikálním učivu.

2.1 Význam fyzikálních úloh ve výuce fyziky

Fyzikální úlohy jsou nedílnou součástí moderní výuky fyziky, jelikož upevňují nabyté teoretické znalosti a procvičují žákovu schopnost použít je v praxi. V minulosti, konkrétně v první polovině 20. století, se úlohy určené k vyřešení žáky v učebnicích fyziky vyskytovaly pouze zřídka. Mnohem větší důraz se kladl zejména na zapamatování fyzikálních pouček a jejich následnou téměř doslovnou reprodukci. Žáci tak proto uměli pouze opakovat obecně platné fyzikální zákony, aniž by chápali jejich skutečnou podstatu nebo je uměli efektivně použít k řešení fyzikálních problémů v technické praxi. Tato skutečnost byla postupně napravována až v druhé polovině 20. století, tedy současně s rozvojem didaktiky fyziky jako samostatné vědecké disciplíny [8, s. 9]. [7, s. 217]

V současnosti je řešení fyzikálních úloh podstatnou součástí hodin fyziky a každá učebnice obsahuje v rámci každé kapitoly pár příkladů k procvičení. Existují také sbírky úloh, jejichž obsah tvoří výhradně zadání početních příkladů nebo obecných úloh k řešení. Jednotlivé sbírky jsou z obsahového hlediska analyzovány v předchozí kapitole.

Hlavní význam fyzikálních úloh pak spočívá hlavně v osvojování a prohlubování nových poznatků. Během řešení úloh dochází především k lepšímu pochopení fungování fyzikálních jevů, objasnění souvislostí mezi fyzikálními jevy a zopakování významu některých pojmů. Důležitou funkcí řešení úloh v hodinách fyziky je také osvojení jistého fyzikálního myšlení, kdy žák procvičuje logické uvažování a nalézání souvislostí. Žáci se řešením úloh také naučí samostatnému řešení problémů a mohou si snadno ověřit, zda se již v probíraném učivu dostatečně orientují, nebo zda je třeba ještě něco zopakovat či procvičit [7, s. 219,220]. Cílem řešení fyzikálních úloh totiž není pasivní znalost určitého souboru poznatků, ale schopnost tyto znalosti použít, řešit úlohy jak početní, tak i úlohy, kde je třeba sestrojovat nebo číst z grafů, případně provést i vlastní měření nebo experiment. Jedině takto je zřejmé, že jsou žákovy znalosti účinně osvojeny. [9, s. 246]

2.2 Typy tradičních fyzikálních úloh

Jako tradiční fyzikální úlohy lze označit taková zadání příkladů, která tvoří v současně dostupných sbírkách fyzikálních úloh valnou většinu. Tyto úlohy lze dělit na jednotlivé kategorie dle určitých kritérií. Nejpodrobnější dělení fyzikálních úloh uvádí Didaktika fyziky – Obecné otázky od E. Kašpara, avšak Didaktika fyziky od J. Fuky, O. Lepila a M. Bednaříka obsahuje jednodušší a přehlednější dělení, ze kterého zde bude čerpáno primárně. [7] [9]

2.2.1 Dělení dle formální povahy

Asi nejvýznamnějším kritériem při třídění úloh je dělení podle formálního obsahu. V rámci tohoto rozdělení lze rozlišit dvě hlavní skupiny. První skupinu tvoří tzv. úlohy kvantitativní, někdy též nazývané matematické [9, s. 248]. Takovéto úlohy v sobě většinou zahrnují určité matematické operace, ať už jsou to operace numerické, tedy počítání s konkrétními čísly, nebo operace algebraické, které vyžadují úpravu obecných fyzikálních vztahů, např. při vyjadřování hledané veličiny. Za kvantitativní úlohy lze považovat také úlohy geometrické, vyžadující například konstrukci vektorů sil, a úlohy grafické, které nejčastěji vedou ke čtení grafů či funkčních závislostí fyzikálních veličin. [7, s. 221]

Druhým typem příkladů jsou úlohy kvalitativní, nazývané také čistě logické či problémové [9, s. 248]. Tato zadání lze řešit bez použití matematicky vyjádřených fyzikálních zákonů a jakýchkoli matematických operací. Znalost fyzikálních zákonů v tomto případě slouží k vysvětlení určitých situací a k interpretaci zkoumaných fyzikálních jevů. Řešení těchto problémů tedy nespočívá v doplňování čísel do vzorců, ale ve zvolení správné fyzikální úvahy, aplikaci dosavadních znalostí a invence. Obvykle se takovéto úlohy vzhledem k nastolené problémové situaci řeší nalezením a vyhodnocením možných odpovědí. Nejčastější formou zadání je otázka typu „Proč?“, kde žák hledá příčinu určitého fyzikálního jevu. Jiným typem zadání může být nastolení výsledku myšleného experimentu a žák má za úkol vysvětlit, jak k tomuto výsledku došlo a které fyzikální zákony výsledek experimentu ovlivňují. [7, s. 221]

2.2.2 Dělení dle formy zadání

Další možná kategorizace úloh je jejich dělení podle formy zadání. Fyzikální úlohy mohou být zadány mnoha způsoby, v současných sbírkách úloh z fyziky se však nejčastěji vyskytují úlohy textové, grafické a experimentální [9, s. 249]. Jak již jejich název napovídá, textové úlohy jsou zadány slovně a žák se dozvídá všechny potřebné informace z textu, který tvoří zadání příkladu. [7, s. 222]

V grafických neboli obrazových úlohách jsou informace potřebné k vyřešení úlohy obsaženy v přehledném schématu nebo obrázku zobrazujícím výchozí situaci. Nejčastějším případem grafických úloh jsou příklady, ve kterých musí žák vyčíst informace z grafu nebo funkční závislosti. [7, s. 222]

Poslední formou zadání jsou tzv. experimentální úlohy, u kterých je požadováno, aby žák během jejich řešení uskutečnil příslušný experiment nebo je k jejich úspěšnému vyřešení potřeba vycházet přímo z hodnot získaných předchozím měřením. Tato forma zadání je však nejméně častá z důvodu její časové a materiální náročnosti. [7, s. 222]

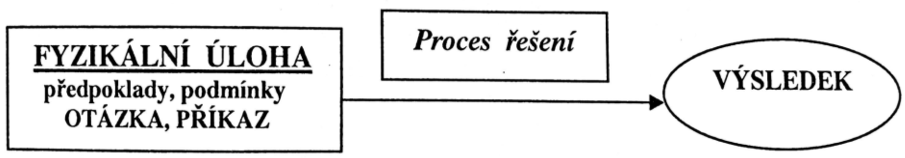
2.2.3 Dělení dle logické povahy řešení

Posledním kritériem, podle kterého lze dělit fyzikální úlohy, je rozdělení podle logické povahy řešení. Tímto způsobem lze rozlišit úlohy na analytické a syntetické. Do které kategorie daná úloha spadá, však nezávisí ani tak na podobě jejího zadání jako spíše na způsobu řešení, které si žák sám zvolí. Z toho vyplývá, že jeden příklad lze řešit syntetickým i analytickým způsobem. [7, s. 222]

Důležité však je, že do těchto kategorií lze řadit pouze úlohy kvantitativní, které již byly podrobněji vysvětleny v kapitole 2.2.1. Jelikož toto dělení závisí na metodě řešení příkladu, budou kategorie syntetického a analytického řešení úloh podrobněji rozebrány v kapitole 2.3.

2.3 Metody řešení tradičních fyzikálních úloh

Strategie řešení fyzikálních úloh vyžaduje určitý postup, který se dá rozčlenit do jednotlivých kroků. Souhrnně by se řešení každé úlohy dalo shrnout do následujícího jednoduchého schématu (Obr. 1).



Obr. 1: Schéma postupu řešení fyzikální úlohy [8, s. 119]

Každý postup tedy vychází z porozumění zadání fyzikální úlohy, které je následováno procesem řešení. To v případě správného postupu vede ke správnému výsledku. Samotný proces řešení zobrazený na schématu výše (Obr.1) se dle R. Holubové [10, s. 25-26] skládá z osmi elementárních kroků, které je při řešení úlohy potřeba aplikovat v přesně daném pořadí, které je následující:

1) Čtení zadání úlohy s porozuměním obsahu úlohy
2) Zápis úlohy
3) Fyzikální rozbor situace
4) Obecné řešení úlohy
5) Jednotková zkouška
6) Řešení pro dané hodnoty
7) Diskuze
8) Formulace odpovědi

Prvním krokem při řešení každé úlohy je pečlivé přečtení jejího zadání. Toto čtení musí doprovázet také dostatečné porozumění obsahu. V případě že má zadání formu textu, je nutné chápat pravý význam všech užitých slov a zkratek. Pokud má zadání grafickou formu, je potřebná důkladná analýza grafu nebo nákresu a správná extrakce potřebných informací. [10, s. 25]

Po správném zjištění výchozích podmínek ze zadání je potřeba všechny důležité informace zaznamenat a provést tzv. zápis úlohy. Zapisují se většinou hodnoty zadaných veličin včetně jednotek a také hodnoty potřebných konstant včetně jednotek. Není-li nákres uveden v zadání, je vhodné také načrtnout výchozí situaci popsanou v zadání. Hodnota veličiny, jejíž velikost přikazuje řešená úloha zjistit, se nahrazuje symbolem otazníku nebo písmenem x. [10, s. 25, 26]

Dalším krokem je rozbor fyzikální situace, tedy především uvědomění si, do které oblasti fyziky daná úloha spadá. Po správném zařazení je třeba zvážit všechny výchozí podmínky či omezení. Důležité je také si uvědomit, které veličiny jsou zadané a hodnoty kterých veličin je třeba zjistit. Z těchto informací pak lze většinou určit, kterých fyzikálních vztahů bude třeba užít a ze kterých fyzikálních zákonů bude potřeba vycházet. Také je třeba zvážit, pokud tak není zadáno, zda lze příklad nějakým způsobem zjednodušit, tedy jestli lze například zanedbat odpor vzduchu nebo považovat tučňáka za válec s konstantní hustotou v celém jeho objemu. [10, s. 26]

Po správném provedení fyzikální analýzy situace lze přistoupit k obecnému řešení úlohy. To zahrnuje především algebraické úpravy základních fyzikálních vztahů vyjádřených pomocí písmen zastupujících jednotlivé fyzikální veličiny. Toto by mělo vést až ke vztahu, kde na levé straně stojí pouze hledaná veličina, a na pravé straně jsou veličiny zadané, jejichž hodnotu známe ze zadání. Výhodou obecného řešení je, že jej lze aplikovat později na příklady podobného typu, aniž by bylo potřeba na ně přicházet znovu. Při obecném řešení se lze také lépe vyhnout chybám, jelikož matematické úpravy jsou mnohem jednodušší s písmeny než s mnohočíslicovými hodnotami. [10, s. 26] Způsoby, jakými lze provádět obecné řešení úlohy jsou dva, analytický a syntetický. Tyto způsoby jsou popsány v kapitole 2.3.1. [9, s. 263]

Výsledný vztah získaný obecným řešením úlohy se při jednotkové zkoušce pro kontrolu doplní o fyzikální jednotky veličin, které ve vztahu vystupují a jejich následným slučováním či jednoduchými algebraickými úpravami se lze dopracovat až k výsledné jednotce. Pokud tato jednotka souhlasí s jednotkou hledané veličiny, lze předpokládat, že bylo při obecném řešení postupováno správně. [10, s. 26]

Po úspěšně provedené jednotkové zkoušce je možno přistoupit k řešení pro konkrétní hodnoty. Do vztahu získaného obecným řešením úlohy se tentokrát doplní hodnoty zadaných veličin, které byly odečteny z textu zadání nebo grafu. Poté se výsledná hodnota hledané veličiny spočítá ať už zpaměti nebo pomocí kapesního kalkulátoru. Pokud je tak zadáno, lze si vypočítané hodnoty ověřit experimentálně. [10, s. 26]

Správně spočítaným výsledkem však řešení úlohy nekončí. Po každém nalezení výsledku je potřeba provést diskuzi, která má za úkol ověřit, zda je vypočítaná hodnota správná. Toto lze provést například srovnáním vypočítané hodnoty s tabelovanými hodnotami nalezenými v matematicko-fyzikálně-chemických tabulkách, nebo vlastním kritickým zhodnocením, zda je takovýto výsledek dosažitelný v reálné praxi. Pokud se stane, že kapacita deskového kondenzátoru vyjde rovna 10 faradům nebo že se most vlivem tepelné roztažnosti oceli prodlouží o 5 metrů, je zřejmé, že je potřeba v předchozím řešení nalézt chybu, opravit ji a výpočet zopakovat s jinými hodnotami nebo pro výpočet použít zcela jiný vztah. [10, s. 26]

Na závěr je potřeba sestavit vhodnou formulaci slovní odpovědi. V každé odpovědi se musí vyskytovat shrnutí celého řešení, hlavně ale výsledná číselná hodnota hledané veličiny včetně správné fyzikální jednotky. Při zachování správné posloupnosti všech jednotlivých kroků, lze tímto způsobem vhodně vyřešit většinu úloh, se kterými se dá setkat v současných sbírkách úloh z fyziky. [10, s. 26]

2.3.1 Syntetický a analytický způsob obecného řešení úlohy

Při obecném neboli algebraickém řešení fyzikální úlohy, je možné postupovat dvěma navzájem protichůdnými postupy. Prvním z nich je způsob syntetický. Pokud je při řešení použit, je potřeba vycházet z veličin, jejichž hodnota je uvedena v zadání úlohy. Poté je třeba najít všechny základní fyzikální vztahy, které jsou potřeba k vyřešení úlohy a postupně je spolu zkombinovat, dokud na levé straně vztahu nefiguruje pouze hledaná veličina a na pravé straně pouze zadané veličiny. [8, s. 141]

Tento způsob je výhodný zejména proto, že aplikuje didaktickou zásadu od známého k neznámému, a proto je oblíbený především u žáků, kteří ještě nejsou tak zběhlí v algebraických úpravách, např. na základní škole nebo nižším stupni víceletého gymnázia. V případě, že si žák není jistý, zda umí správně kombinovat více vztahů do jednoho, je možné provádět výpočty s jedním jednoduchým vztahem po druhém a hrozí menší riziko, že žák někde v procesu algebraických úprav udělá chybu. Nevýhodou je, že žák musí správně přijít na všechny základní vztahy, které k výpočtu potřebuje, a to může být pro žáky obtížné. [8, s. 141]

Při užití druhého neboli analytického způsobu se postupuje zcela opačně než v předchozím případě, tedy od konce. Při řešení úlohy je potřeba nalézt základní fyzikální vztah, který obsahuje konečnou veličinu, jejíž velikost daná úloha přikazuje spočítat. Poté je třeba si algebraickými úpravami vyjádřit neznámou veličinu na levou stranu a zbývající neznámé na pravou. Pokud hodnota neznámých veličin na pravé straně vztahu není zmíněna v zadání úlohy, je potřeba tyto veličiny nahradit vhodným fyzikálním vztahem obsahujícím další veličiny. Ty mohou být buď zadány, nebo je opět nahradíme dalším vztahem, kterým budou vyjádřeny pomocí jiných veličin. Takto je třeba postupovat až do momentu, kdy jsou na pravé straně výsledného vztahu pouze veličiny, jejichž číselnou hodnotu lze vyčíst ze zadání úlohy. [8, s. 142]

Při této metodě řešení je tedy nutné postupovat velmi důkladně, jelikož zde není možné provádět mezikroky, tak jako v případě syntetické metody výše. Klíčovým krokem je nalezení správného počátečního vztahu, od kterého se vše odvíjí. Analytická metoda sice klade větší nároky na schopnosti algebraických úprav, avšak výhodou může být skutečnost, že se někdy některé veličiny mezi sebou samy vykrátí nebo odečtou a tím se celý výraz výrazně zjednoduší. Z tohoto důvodu je tedy používanější hlavně na středních školách a gymnáziích. [8, s. 142]

3 Netradičně zadané fyzikální úlohy

V dnešní době, ve 21. století, je při vzdělávání žáků kladen velký důraz zejména na samostatné řešení problémů, tvůrčí činnost, propojení výuky s praxí, dalšími přírodními vědami a moderní technikou. I když v posledních letech prochází výuka fyziky mnohými změnami a učitelé středních a základních škol se snaží výuku tohoto předmětu co nejvíce přiblížit svým studentům z té praktické stránky, stále mezi mnohými žáky převládá názor, že školská fyzika je zcela vzdálená realitě a fyzikální zákony, které jsou vyučovány na školách nelze uplatnit při řešení problémů z běžného života. [11, s. 191]

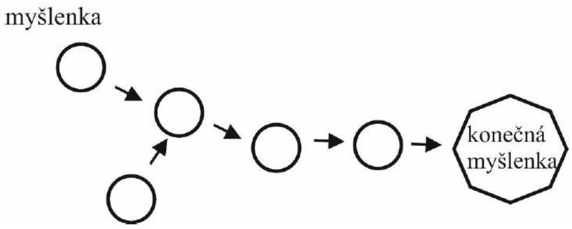
Fyzikální úlohy, které jsou nedílnou součástí výuky, a jejichž prostřednictvím se žáci učí aplikovat fyzikální poznatky v praxi, by tak měly reflektovat současné trendy vzdělávání. Tím lze rozumět zejména rozvoj neotřelého a samostatného uvažování, hledání kreativního a originálního řešení, používání divergentního myšlení a experimentální činnosti vedoucí k vlastnímu výsledku. Důležité však je, aby fyzikální úlohy připravovaly žáky na řešení problémů, se kterými se mohou setkat v reálném světě. Současná zadání fyzikálních úloh jsou však málo různorodá a většinou kvantitativní, kdy žák pomocí matematického aparátu řeší nějakou modelovou situaci. To však vede žáky k přesvědčení, že fyzika je nudným oborem, kde se neustále jenom počítají výsledky nesmyslných, v běžném životě málo pravděpodobných situací, které nemají jiný účel než procvičit žáky v mechanickém počítání. Zcela se tak opomíjí ta kreativní část fyziky, kdy fyzik musí sám vymýšlet různé alternativy řešení, zkoušet aplikovat různé metody a postupně experimentálně přicházet na správný výsledek, i přes to, že tato činnost nejvíce odpovídá práci skutečného fyzika. Fyzikální úlohy, které se nejvíce zaměřují právě na tyto opomíjené kompetence, jsou např. problémové úlohy, nonverbální úlohy (úlohy zadané obrázkem nebo grafem), Fermiho úlohy, divergentní úlohy a experimentální neboli badatelské úlohy. V následujících podkapitolách budou podrobně rozebrány poslední tři zmíněné typy netradičních úloh. [11, s. 191]

3.1 Divergentní úlohy

Prvním typem netradičně zadaných úloh, které u žáků rozvíjí kreativní myšlení, jsou tzv. divergentní úlohy. V anglické literatuře [12] se pro divergentní úlohy používá název „open-ended questions“, který lze přeložit jako „otázky s otevřeným koncem“, což lépe vystihuje pravou podstatu divergentních úloh. Jak už název napovídá, v tomto typu fyzikálních úloh je kladen důraz zejména na používání divergentního myšlení. [13, s. 21]

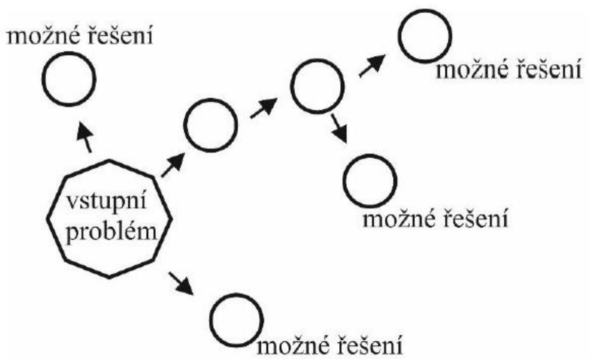
3.1.1 Divergentní myšlení a jeho složky

J. P. Guilford [14] rozdělil způsoby myšlení používané v tvůrčím procesu a při řešení problémů na dvě kategorie, konvergentní a divergentní. Konvergentní neboli sbíhavé myšlení směřuje k výběru jediného správného výsledku z několika možných variant a většinou také k použití jednoho předem určeného způsobu řešení daného problému. Proces konvergentního myšlení je zobrazen na schématu níže (Obr.2).



Obr. 2: Schéma procesu konvergentního myšlení [15, s. 13]

Divergentní neboli rozbíhavé myšlení naopak směřuje k vymýšlení co největšího počtu různorodých řešení a k použití mnoha různých originálních způsobů, jak na danou problematiku nahlížet. Vychází se ze vstupního problému, ze kterého není patrné, jaké řešení je očekáváno, a proto je nutné při hledání odpovědí uplatnit kreativitu a nápaditost. Každá možnost řešení a jiné uchopení problémové situace však může vést ke zcela jinému výsledku, a proto při uplatňování divergentního myšlení není na daný problém jen jedna správná odpověď ani jeden správný způsob, jak úkol vyřešit. Proces divergentního myšlení je vyobrazen na schématu níže (Obr.3). [15, s. 15]



Obr. 3: Schéma procesu divergentního myšlení [15, s. 15]

Dle J. P. Guilforda [14] sestává divergentní myšlení ze šesti složek, z nichž každá představuje jednu dovednost, která je při jeho používání zásadní. Jsou jimi fluence, flexibilita, originalita, senzitivita, redefinování a elaborace. Fluence představuje souvislý tok nových myšlenek neboli schopnost vymýšlet velké množství nápadů v co nejkratším časovém období. Flexibilita znamená schopnost nahlížet na stejnou problematiku z různých úhlů pohledu, přicházet s novými nekonvenčními postupy a uplatňovat různé strategie řešení. Důraz se klade výhradně na různorodost nápadů a vymanění se z jediného konceptu řešení problémové situace. Originalitu lze definovat jako dovednost vymýšlet nová řešení, která nevychází ze žádných dosud již vymyšlených postupů používaných při řešení obdobných problémů. Toto může být dosaženo zapojením důvtipu nebo odhalení netypické, ne zcela zřejmé, souvislosti mezi zadáním problému a možností řešení. Senzitivitu neboli citlivost na rozpoznání problému lze chápat jako určitou schopnost odhalit pravou podstatu problémové situace, její možné příčiny a důsledky. Tato vlastnost umožňuje například rozpoznat fyzikální základ modelové situace, aniž by byl nastíněn v jejím zadání. Redefinici by šlo označit jako jistou formu flexibility. Je to totiž schopnost vzít v potaz již známé informace nebo funkce různých předmětů a následně vymyslet zcela odlišný způsob jejich použití v nové situaci, pro kterou nebyly původně určeny. Poslední složkou je elaborace, která znamená schopnost samostatně vyhledat a vypracovat vlastní detaily řešení, které přispějí k vytvoření propracovaného kreativního výsledku zadaného úkolu. [16, s. 45, 46]

V. Meškan [17, s. 14] výčet těchto šesti dovedností doplňuje vhodnými příklady cvičení, které názorně ukazují, jak lze každou složku divergentního myšlení aktivizovat v praxi, v tomto případě ve vyučovací hodině fyziky. Meškanovy příklady cvičení také lépe přibližují význam jednotlivých složek divergentního myšlení. V případě fluence V. Meškan [17, s. 14] uvádí příklad cvičení: „Uveďte vše, co se vám vybaví pod pojmem síla." Žáci tedy musí napsat co nejvíce pojmů vztahujících se k síle. K flexibilitě uvádí Meškan [17, s. 14] tento příklad: „Jak lze pomocí tužky změřit šířku řeky? Uveďte co nejvíce možných řešení." Žáci tak musí vymyslet několik různorodých možností, jak využít obyčejnou tužku k určení šířky řeky. Pro originalitu Meškan [17, s. 14] navrhuje cvičení: „Uveďte originální použití žárovky, na které dosud nikdo nepřišel." Na žáky je tak kladen požadavek, aby přišli s nějakým netradičním nápadem, jak využít žárovku, kromě použití jako zdroj světla.

U senzitivity Meškan [17, s. 14] ukládá úkol: „Uveďte co nejvíce fyzikálních jevů, se kterými se setkáváme v kuchyni." Žáci jsou tímto zadáním pobídnuti, aby se zamysleli a identifikovali veškeré jevy a procesy v kuchyni, které jsou primárně podmíněny fungováním fyzikálních zákonů. V případě redefinice Meškan [17, s. 14] zadává příklad ve znění: „Navrhněte, jak pomocí polévkové lžíce měřit hmotnost." Zde jsou žáci nuceni vymyslet zcela nový způsob nahlížení na polévkovou lžíci a její funkce a zaměřit se na využitelnost jejích vlastností k měření hmotnosti. Poslední složku divergentního myšlení, elaboraci, V. Meškan [17, s. 14] doplňuje o zadání „Navrhněte vlastní siloměr a vypracujte návod na jeho výrobu.“ Žáci jsou tak postaveni před komplexní úkol navržení vlastního siloměru vyžadující důkladnou rešerši, kreativní činnost a smysl pro detail.

3.1.2 Teorie divergentních úloh

Divergentní úlohy mohou mít mnoho podob. Mohou být zadány slovně nebo obrázkem či grafem. V každém případě však na ně neexistuje jedna předem daná odpověď. To sice zvyšuje náročnost takovýchto úloh na hodnocení učitelem, na druhou stranu však dokážou lépe odhalit, do jaké míry žák danému tématu rozumí a jak moc je u něj rozvinuto tzv. fyzikální myšlení. U každé úlohy musí nejdříve identifikovat příslušnou oblast fyziky a poté vhodně odpovědět, aniž by byli nuceni použít složité matematické operace, které u tradičních kvantitativních úloh častokrát zastiňují fyzikální podstatu problému. Divergentní nebo také otevřené úlohy jsou zadány tak, aby podporovaly formulaci kreativních, ale smysluplných odpovědí. Úlohy mohou být buď jednoduché na procvičení (viz výše příklady od V. Meškana) nebo komplexní, které kombinují zapojení všech složek divergentního myšlení. [12, s. 5]

Prvním typem komplexního zadání úlohy s otevřeným koncem může být slovní popis modelové situace, kdy žák musí slovně zhodnotit, které fyzikální principy se v úloze vyskytují a kterými fyzikálními zákony je situace ovlivněna. Pro větší zatraktivnění žákům pak může být zadání příkladu ve formě nějakého úryvku z populární literatury nebo kinematografie, nejčastěji pak z běžného každodenního života. Žáci tak musí ve zdánlivě nefyzikální situaci najít fyzikální základ, což nejen že lépe odhaluje jejich schopnost aplikovat fyzikální poznatky v praxi, ale také jim to nenásilnou formou ukazuje, že fyzikální zákony platí vždy a všude, tedy i v reálném světě mimo učebnu fyziky. [12, s. 6]

Dalším typem divergentní úlohy může být příklad zadaný grafem, tabulkou s daty nebo obrázkem znázorňujícím nějakou situaci či schéma. Žáci tak musí tuto formu zadání pečlivě analyzovat a extrahovat z ní důležitá data, která poté využijí k formulaci své odpovědi. Každý žák však může uchopit problematiku za jiný konec a ze stejných dat dojít ke zcela jinému, ale správnému řešení, což je podstata divergentních úloh. Na žákovi pak záleží, které informace z poskytnutých dat zohlední při formování svého řešení, a které naopak pro zjednodušení nepoužije. [12, s. 6]

Zcela jedinečný typ úlohy je výzva k revizi výsledků něčí předchozí experimentální práce. Tento typ příkladu zdařile napodobuje náplň práce vědeckých pracovníků zabývajících se fyzikou, což u žáků opět vede k lepší ilustraci propojení teorie s praxí. Nejčastější podoba této úlohy je v podobě zaznamenaných výsledků určitého fyzikálního experimentu a na řešiteli je, aby zhodnotil správnost naměřených dat, odhalil chybu měření nebo postupu, navrhnul lepší způsob nebo vhodnější podmínky provedení experimentu apod. Toto vše je možné pouze při úplném pochopení daného učiva a dalších širších souvislostí. Taktéž to žáky staví před problémovou situaci vyžadující kritické myšlení, což je další způsob, jak je lépe připravit na jednu z činností v budoucím zaměstnání a tím opět výuku více přiblížit praxi. [12, s. 7]

Posledním a možná ne příliš očekávaným typem divergentních úloh jsou úlohy numerické. Přesto, že matematické operace s číselnými hodnotami patří spíše k úlohám konvergentním, jedním ze způsobů, jak v příkladech s otevřeným koncem využít čísla, je vyžadovat po studentech, aby k fyzikálním veličinám vyskytujícím se v zadání úlohy přiřadili realistické hodnoty. Žáci tak mají za úkol na základě vlastních předchozích zkušeností odhadnout, jaké hodnoty veličin by musely být použity ve výpočtu, aby bylo dosaženo realistického výsledku, a které předměty z běžného života těmto hodnotám odpovídají. V tomto se numerické divergentní úlohy podobají Fermiho úlohám. [12, s. 8]

3.1.3 Vzorové příklady divergentních úloh

Zadání divergentní úlohy může vypadat například takto: „Často se uvádí, že při jízdě vozem v zatáčce je cestující jakoby "vymrštěn" směrem ven. Vezměme si astronauta na vesmírné stanici na oběžné dráze kolem Země. Vysvětlete, proč astronaut nepociťuje efekt pohybu směrem ven.“ [12, s. 27]. Řešitel musí v tomto případě správně rozpoznat, že se jedná o problematiku z mechaniky a vzpomenout si, že síla zodpovědná za „vymršťování“ pasažéra z auta během projíždění zatáčkou je síla dostředivá, potažmo setrvačná síla odstředivá. Poté si žák musí uvědomit, na kterých veličinách je tato síla závislá a jak ji ovlivní změna jednotlivých veličin. S těmito informacemi by žáka mohlo napadnout, že rozdíl mezi automobilem na silnici a vesmírnou stanicí obíhající zeměkouli je poloměr kružnice, po které se pohybují. Z toho by mohl vyvodit, že vesmírná stanice se pohybuje po kružnici o mnohonásobně větším poloměru a tomu je setrvačná odstředivá síla působící na objekty v ní nepřímo úměrná. Na tělesa uvnitř stanice, která s ní nejsou pevně spojena, tak působí mnohem menší síla, která by se je snažila „vymrštit“ ven než v automobilu projíždějícím zatáčkou o značně menším poloměru. Jiný žák se na to však může dívat odlišným způsobem, a to tak, že astronaut i řidič automobilu, nespojeni pevně s pohybujícím se vozidlem či vesmírnou stanicí, vlastně neustále pokračují v rovnoměrném přímočarém pohybu, zatímco automobil a vesmírná stanice jsou unášení po oblouku vlivem dostředivé síly. Proto se zdá, jako by se pasažéři odchylovali od směru pohybu auta či rakety, i když ve skutečnosti se od původního směru pohybu odchyluje příslušné vozidlo. V tomto případě může žák vyjít ze skutečnosti, že pro vesmírnou stanici je dostředivou silou síla gravitační a pro řidiče osobního automobilu je to síla třecí vznikající třením mezi pneumatikami a vozovkou. Z toho pak žák může odvodit, že na vesmírnou stanici velmi vzdálenou od středu Země působí mnohem menší gravitační síla, která by ji odchylovala od přímočarého pohybu, ve srovnání s třecí silou působící na kola automobilu projíždějícího zatáčkou, a proto astronaut není tolik zdánlivě „vymršťován“ pryč z vesmírné stanice. Každý další žák může přijít s dalšími originálními nápady, které však musí být fyzikálně správně.

Dalším příkladem divergentní úlohy, v tomto případě numerické divergentní úlohy, může být zadání: „Vymysli úlohu na výpočet tlaku, aby výsledek byl 2 000 Pa.“ [18, s. 38]. V tomto případě je možných řešení skutečně nespočet, nejpravděpodobnějším výsledkem však bude jakákoliv kombinace síly o určité velikosti působící na plochu o určité velikosti tak, aby podíl těchto hodnot dával 2000 Pa. Pokud by se tedy žák rozhodl pro sílu o velikosti 80 N působící na plochu o velikosti 0,02 m^2, mohl by těmto hodnotám přiřadit třeba osm kilogramů masa působící tlakem na čtvercový hliníkový tác o délce hrany 20 cm a s těmito údaji sestavit požadované zadání. Poněkud kreativněji vymyšlené řešení by mohlo znít: „Jakým tlakem bude působit 1 mol ideálního plynu o teplotě 20 °C na stěny nádoby o objemu 1,2186 m^3.“ Výsledkem by tedy opět bylo zaokrouhleně 2000 Pa. Ať už žáci vymyslí jakékoliv řešení, vždy je třeba aplikovat notnou dávku kreativity, fyzikálního myšlení a selského rozumu, jejichž procvičení je smyslem divergentních úloh. [18, s. 38]

3.2 Fermiho úlohy

Dalším typem fyzikálních úloh, které se vymykají tradičním kvalitativním nebo kvantitativním úlohám řešeným v hodinách fyziky na středních a základních školách již po desetiletí, jsou tzv. Fermiho úlohy. Tento typ úloh nese jméno po slavném americkém fyzikovi italského původu, Enricu Fermim, který za svého života oplýval úžasnou schopností rychle a efektivně řádově odhadovat výsledky fyzikálních problémů. Fermi takto odhadoval i výsledky skutečných fyzikálních problémů jako například účinnost nově sestrojené atomové bomby nebo tepelné vodivosti dvojitých oken ve svém apartmá. [19]

Zadáváním Fermiho úloh, tedy otázek, jejichž podstatou je správně odhadnout výsledek na základě logických úvah bez bližších vstupních informací, se dlouhodobě zabývá RNDr. Renata Holubová, CSc. z Katedry experimentální fyziky Univerzity Palackého v Olomouci, která od roku 2006 pořádá pro žáky středních škol soutěž s názvem Fermiho úlohy. [20]

3.2.1 Teorie Fermiho úloh

Podstata Fermiho úloh spočívá v tom, že řešitel správně odhadne výsledek, aniž by jej spočítal pomocí exaktních fyzikálních vztahů. Musí tedy vycházet z logických úvah a analytickým způsobem se postupně dopracovat k řešení, které lze považovat za správné. Základ správného postupu tkví v tom, že si řešitel správně klade otázky, na které hledá odpověď buď pomocí tzv. selského rozumu, nebo zjišťuje potřebné informace z dostupných externích zdrojů. Jelikož neexistuje nic jako jediné správné řešení, záleží na každém řešiteli, jakým způsobem bude postupovat. Zatímco jeden se může dobrat správného výsledku během tří logických úvah a použitím trojčlenky, jiný může své řešení rozčlenit na dvanáct jednotlivých otázek, jejichž zodpovězení vyžaduje důkladnou rešerši. Jedním z možných řešení je také provedení modelového experimentu, na jehož základě lze odvodit další informace potřebné ke správnému odhadnutí výsledku. [19, s. 14, 15]

Při řešení těchto úloh se tak výrazně uplatní zejména kreativní a divergentní myšlení, kterým je potřeba nalézt všechny okolnosti a omezující podmínky, které mohou ovlivnit výsledek. Z toho tedy plyne, že správnost řešení se posuzuje spíše než podle správnosti výsledku, jehož přesná hodnota často není známa ani autorovi zadání, podle počtu správně položených otázek, podle jejich relevantnosti k dané úloze, podle správného logického uvažování a zejména podle originality vlastního řešení. [19, s. 14, 15] [20]

3.2.2 Vzorový příklad Fermiho úlohy

Příklad možného řešení vzorové Fermiho úlohy lze ukázat na následujícím příkladu, jehož zadání zní: „Kolik ladičů pian žije v New Yorku?“ [20].

V první řadě je třeba položit si otázku, na čem bude počet ladičů pian v New Yorku záviset. Zcela logicky lze usoudit, že každý ladič potřebuje obživu, tedy že počet ladičů pian bude záviset na počtu pian v New Yorku. Z toho vyvstává další otázka a to, kolik je pian ve zmíněné metropoli. To lze odvodit z úvahy, že počet pian souvisí s počtem rodin žijících na území onoho velkoměsta. Počet rodin lze jednoduše odhadnout z počtu obyvatel za předpokladu, že průměrná rodina sestává z určitého počtu členů. Je také nutné vzít v potaz, že ne každá rodina vlastní piano, a tedy počet pian v New Yorku bude pouhý zlomek počtu domácností v New Yorku. Po provedení takového odhadu počtu pian je třeba zjistit, jak dlouho trvá naladit všechna piana za určité časové období. Je třeba vyjít z předpokladu, jak často se ladí takové piano, například během období jednoho roku, a také z doby, jak dlouho průměrně trvá jedno piano naladit. Vynásobením počtu pian, které je potřeba během roku naladit, časem naladění jednoho piana lze získat celkový čas potřebný k naladění všech pian v New Yorku za rok. Na závěr je třeba si uvědomit, kolik času ladění je schopen jeden ladič za rok pokrýt. To lze zjistit vynásobením denní pracovní doby ladičů a počtu pracovních dnů v kalendářním roce. K nalezení výsledku pak už stačí jen vydělit čas potřebný k naladění všech pian časem připadajícím na jednoho ladiče a výsledné číslo odpovídá zhruba počtu ladičů, kteří se v New Yorku uživí, a tedy tam pravděpodobně i žijí. [20]

3.3 Badatelské úlohy

Posledním typem úloh, které efektivně zvyšují atraktivitu výuky fyziky a aktivizují žáky k samostatné činnosti, jsou badatelské neboli experimentální úlohy. V rámci řešení těchto úloh je žák nucen provést určité měření nebo laboratorní pozorování, ze kterého pak musí na základě fyzikálních poznatků získat určitá experimentálně naměřená data, správně je interpretovat a vyvodit z nich smysluplné závěry. Tyto činnosti v žácích upevní fyzikální myšlení, prohloubí jejich znalosti a praktické dovednosti, a přiblíží jim skutečnou náplň práce vědeckého pracovníka. Řešení badatelských úloh je tak pro žáky zajímavější než příklady s uměle konstruovanými podmínkami a zároveň spolehlivě ověří jejich fyzikální znalosti, jelikož k vyřešení nestačí pouhé dosazení čísel do naučeného vztahu. [9, s. 271]

Zvláštním případem jsou pak badatelské úlohy řešené v rámci fyzikální soutěže Turnaj mladých fyziků, která je každoročně pořádána Jednotou českých matematiků a fyziků. Úlohy řešené v této soutěži jsou velmi časově náročné, vyžadují důkladnou rešerši a vytrvalou systematickou práci. K jejich řešení jsou potřeba opravdu pokročilé fyzikální znalosti, nápaditost a technická zručnost. Mnoho úloh totiž vyžaduje navržení a sestrojení vlastní aparatury, na které pak probíhá vlastní měření. [21]

3.3.1 Teorie badatelských úloh

Zadání fyzikální úlohy, která by bylo možné považovat za badatelskou, může být hned několik typů. Tím prvním je úloha, při které se měřením získávají data, která následně slouží k výpočtům hledaných fyzikálních veličin. Po provedení potřebného výpočtu se však správnost výsledku neověřuje přímým měřením této veličiny, zejména proto, že přímé měření dané veličiny není technicky proveditelné. U druhého typu badatelských úloh se postupuje stejně jako v předchozím případě, ale početně zjištěný výsledek je ověřen přímým měřením dané veličiny. Takto se ihned ověří, že bylo při výpočtech a měření dílčích veličin postupováno správně. Třetím typem jsou badatelské úlohy kvalitativní, kdy žák pouze slovně vysvětlí, k jakému fyzikálnímu jevu během provedení daného experimentu došlo, nebo na čem výsledek takového pokusu závisí. Tyto úvahy může vyslovit ještě před provedením experimentu a poté správnost svých úvah jenom potvrdit nebo vyvrátit provedením experimentu. [9, s. 271]

Svoboda a Kolářová [8, s. 121] dodávají k výčtu badatelských úloh ještě čtvrtý typ a to případ, kdy má žák sám navrhnout a provést pokus, kterým by se dala ověřit určitá hypotéza nebo fyzikální zákon. Tento typ se tak nejvíce blíží úlohám řešeným v rámci Turnaje mladých fyziků (TMF), kde jsou zadání úloh formulována velice obecně a je na každém z řešitelů, aby navrhnul a realizoval měření svým vlastním originálním způsobem. Toto vede žáky k uvažování v širších souvislostech a dává jim příležitost k rozvoji v oblasti hledání fyzikálních modelů, provádění matematických výpočtů, samostatného konstruování měřicích soustav a vypracovávání protokolů o naměřených datech. [22, s. 19]

3.3.2 Vzorové příklady badatelských úloh

Vhodnou ukázkou zadání problému, které bývají řešeny v rámci Turnaje mladých fyziků, může být například úkol zadaný na 27. ročníku TMF ve znění: „Energie uložená ve zkroucené gumové pásce může být užita např. k pohonu modelu letadla. Zkoumejte vlastnosti tohoto zdroje energie a zjistěte, jak se jeho výkon mění s časem.“ [22, s. 7]. Řešitelé takového zadání si musí nejprve definovat klíčové pojmy, jako co to jsou hyperelastické materiály, normálové napětí nebo vícenásobné vinutí. Před měřením si musí řešitelé také uvědomit, jakou veličinu chtějí měřit a na čem je tato veličina asi závislá. Před samotným měřením je také dobré popřemýšlet nad technickými možnostmi provedení a nad možnými překážkami, v tomto případě například nad tím, jak vyřešit problém, že gumička při natahování občas praskne. Po navržení a sestrojení příslušné aparatury, na které bude probíhat měření, je vhodné zdokumentovat jednotlivé části a zvážit vhodnou konfiguraci nastavitelných parametrů. Příklad dokumentace použité aparatury je uveden na následujícím obrázku (Obr. 4). [22, s. 53 - 59]

Obr. 4: Použitá experimentální aparatura [22, s. 59]

Poté již lze přistoupit k samotnému vyšetřování vlastností gumičky a její schopnosti uchovávat energii. V tomto případě se řešitelé rozhodli připevnit k vrtuli dva siloměry, jeden na měření tahové síly v gumičce a druhý na měření tahové síly ve vrtuli připevněné ke gumičce tak, aby jí gumička otáčela. Při otáčení vrtulí bylo měřeno, jak se gumička postupně kroutí a natahuje, a výsledky obou siloměrů byly vyneseny do přehledných grafů a náležitě popsány. Stejné měření pak bylo zopakováno pro gumičky s různým průřezem. Při natahování a uvolňování gumičky byl kromě síly, kterou gumička působí na siloměry, sledován počet i otáček vrtule, které byly uskutečněny při natahování a uvolňování energie z gumičky. Integrací plochy pod křivkou závislosti síly vyvíjené gumičkou na počtu provedených otáček byla zjištěna energie uložená do gumičky a energie vydaná gumičkou při uvolnění vrtule. Z výsledků byl vyvozen závěr, že množství uložené energie záleží na velikosti průřezu gumičky a také byla zjištěna průměrná účinnost uložení energie do zkroucení a natažení gumičky. V závěru řešení byly všechny výsledky náležitě okomentovány. [22, s. 59-66]

Řešení badatelských úloh v tomto formátu je velice časově náročné, a tedy zcela nevyhovující pro běžnou výuku fyziky na středních školách. Následující příklady proto budou voleny tak, aby byly využitelné ve výuce a aby je mohli řešit i méně nadaní žáci, které fyzika baví.

4 Sbírka netradičních úloh

Zde jsou uvedeny příklady netradičních fyzikálních úloh, které lze využít k ozvláštnění výuky a k probuzení zájmu žáků o fyzikální problémy. Ke každému zadání netradiční úlohy je vypracováno i několik možností správného řešení.

4.1 Sbírka divergentních úloh

Úloha 1)

Zadání:

„Navrhněte, jak by se dal sestrojit jednoduchý budík bez použití již známých principů jako je periodicita pohybu kyvadla nebo natahování pružiny.“

Řešení:

a) Na jednu misku rovnoramenných vah by se sypalo určité množství písku, které by po určitém čase převážilo závaží na druhé misce. Posun ramen vah by v určitý okamžik shodilo kladivo na železnou podložku, které by vydalo hlasitý zvuk.

b) Základem by byla svíčka, na jejímž spodním konci by byl přivázán provaz, na kterém by bylo umístěno závaží. V momentě, kdy svíčka za určitý čas dohoří k místu s provazem, ten se uvolní, závaží spadne na kovovou podložku a vydá hlasitý zvuk.

c) Za oknem by byl umístěn fotovoltaický článek a v momentě, kdy by vyšlo Slunce a dostatečně by osvítilo panel, elektrická energie by spustila například elektromagnetické relé, které by vydalo hlasitý zvuk.

d) V místnosti by byl umístěn fotorezistor, který by začal propouštět proud až v momentě, kdy by na něj dopadlo dostatečně množství světla, čímž by propojil zdroj napětí a elektromagnetické relé.

e) Za oknem by byl umístěn elektrický obvod tvořený zdrojem napětí a malým reproduktorem, který by byl v jednom místě přerušený a oba vodiče by byly umístěny do nádobky, do které by určitou rychlostí odkapávala voda s dostatečným množstvím elektrolytu. Jakmile by vodní hladina dosáhla určité úrovně, oba vodiče by byly vodivě propojeny a reproduktor by začal vydávat hlasitý zvuk.

f) Za oknem by byla umístěna spojná čočka namířená na lanko, který by držel závaží. Po východu Slunce by za jasného letního dne paprsky zaostřené spojnou čočkou přepálily provázek, závaží by spadlo na železnou podložku, což by vydalo hlasitý zvuk.

g) Na velmi dlouhém závěsu by kmitalo Foucaultovo kyvadlo, které by po pootočení Země vůči kyvadlu shodilo předem připravenou kostičku domina, která by dominovým efektem shodila další kostičky, z nichž poslední by strčila do kovové kuličky, která by spadla na kovovou podložku a vydala hlasitý zvuk.

h) Do vodního toku by bylo umístěno vodní kolo, které svým pohybem navíjí na svou osu provázek. Tento provázek by po určité době vyzvedl závaží do určité výše, ve které by opět shodilo nějaký těžký kovový předmět na kovadlinu, což by vydalo hlasitý zvuk.

i) Za chladné noci by na blok ledu mohlo být na tenkém drátu zavěšeno závaží, které by díky zvýšenému tlaku na závěs způsobilo regelaci ledu a během pár hodin by se dostalo na spodní stranu ledového bloku, kde by opět mohlo spadnout na kovovou podložku a způsobit hluk.

j) Na okně by byla umístěna spojná čočka, která by nasměrovala a zaostřila sluneční paprsky na nafouknutý balonek, který by takto praskl a způsobil hluk.

Úloha 2)

Zadání:

„Vymysli zadání fyzikální úlohy, ve které bude vystupovat veličina označená třetím písmenem v abecedě a výsledek bude numericky roven číslu ≈ 50.“

Řešení:

a) Jakou měrnou tepelnou kapacitu *c* má zkoumaná látka, když k ohřátí 5 kg této látky o 100 °C bylo spotřebováno 25 kJ tepelné energie?

b) Jak dlouhá se bude zdát pozemskému pozorovateli raketa s klidovou délkou 100 metrů, která se bude vzhledem k pozorovateli pohybovat rychlostí 0,865c?

c) Jaký poloměr by musela mít kovová koule ve vakuu, aby její elektrická kapacita *C* byla rovna 5,56 nF?

d) Jakou tepelnou kapacitu *C* má kalorimetr, který se při naplnění ledem o hmotnosti 250 g a teplotě -20 °C ochladí o 25 °C?

Úloha 3)

Zadání:

„Vymysli co nejvíce zadání fyzikální úlohy, jejímž výsledkem je ≈ 20 MJ.“

Řešení:

a) Jaké teplo je potřeba k ohřátí vody o 30 °C ve vaně o objemu 160 litrů?

b) Jaké teplo se uvolní při radioaktivním rozpadu, ve kterém je hmotnost produktů menší o 222 nanogramů oproti hmotnosti výchozího radioaktivního materiálu?

c) Jakou mechanickou práci koná jeřáb, jestliže přenáší betonový blok o hmotnosti 200 tun do vzdálenosti 100 metrů od původního místa?

d) Jakou potenciální energii má 100 traktorových pružin o tuhosti 0,4 $kN \cdot mm^{-1}$ když každou stlačíme o 1 metr?

e) Jaké Joulovo teplo se uvolní při průchodu elektrického proudu o velikosti 7,5 ampér vodičem o měrném elektrickém odporu 0,2 $\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$, kolmém průřezu 1 mm^2 a délce 100 m za dobu 5 hodin?

f) Kolik elektrické energie spotřebuje elektrický vařič o výkonu 750 W a účinnosti 80 % za 6 hodin svého provozu?

g) Jakou práci vykoná ideální plyn, který posunutím pístu zvětší svůj objem o 50 m^3, jestliže tlak plynu je roven 400 kPa?

Úloha 4)

Zadání:

„Navrhněte způsob, jakým urychlit proces schnutí vypraného prádla a vysvětlete, proč by zrovna tento způsob fungoval.“

Řešení:

a) Zvýšení okolní teploty by urychlilo proces vypařování vody z látky, jelikož ohřátím vody v látce by se jí dodalo více tepla na přeměnu na vodní páru.

b) Zvýšení proudění vzduchu kolem vypraného prádla by zajistilo lepší odvod vodních par z okolí prádla, což by porušilo rovnováhu mezi vypařováním a kondenzací, což by umožnilo opět rychlejší vypařování.

c) Snížením okolního tlaku by tenze nasycených par vody rychleji překonala okolní tlak, byl by snížen bod varu vody a došlo by k rychlejšímu vypařování.

d) Rozložení prádla takovým způsobem, aby došlo k vypařování na co největším povrchu a co nejtenčí vrstvě, by opět urychlilo proces vypařování.

Úloha 5)

Zadání:

„Ke kterým fyzikálním pokusům by se dala využít obyčejná žehlička?“

Řešení:

a) K dokázání, že na všechna tělesa působí tíhová síla Země a že dráha, kterou během pádu žehlička urazí je přímo úměrná tíhovému zrychlení Země a kvadrátu doby pádu.

b) K dokázání zákonu setrvačnosti, tedy že po roztočení napájecí šňůry se šňůra otáčí kolem osy otáčení, tedy ruky experimentátora, ale ihned po puštění napájecí šňůra pokračuje v přímočarém pohybu. Zároveň tím lze dokázat, že příčinou pohybu tělesa po kružnici je dostředivá síla, v tomto případě ruka držící napájecí šňůru.

c) Při točení žehličky po kružnici, lze také dokázat, že dostředivá síla potřebná k udržení žehličky v kruhovém pohybu je přímo úměrná poloměru kružnice a kvadrátu rychlosti tělesa.

d) Připojením žehličky do elektrické sítě lze dokázat, že elektrická energie se dokáže přeměnit na tepelnou energii. Zároveň lze dokázat, že uvolněné Joulovo teplo při průchodu elektrického proudu vodičem závisí na jeho elektrickém odporu a měděná napájecí šňůra se nezahřeje tolik jako železné topné tělísko uprostřed žehličky.

e) Na žehličce lze ukázat hydrodynamické paradoxon, díky kterému funguje zabudovaný rozprašovač kropicí kapaliny.

f) Na žehličce lze dokázat, že tepelná energie se přenáší vedením, ale i zářením.

g) Použitím žehličky jako varné desky lze demonstrovat, kolik tepla je potřeba k ohřátí kapaliny a také že její účinnost není 100 %.

h) Rozpálením žehličky do ruda by se daly demonstrovat zákony popisující vyzařování černého tělesa.

i) Třením žehličky o různé povrchy a změnou hmotnosti žehličky množstvím napuštěné vody uvnitř lze demonstrovat, že velikost třecí síly závisí pouze na hmotnosti tělesa a součiniteli smykového tření, tedy na typu povrchu.

Úloha 6)

Zadání:

„Máte k dispozici kovovou tyč, provázek a hrnec. Které fyzikální veličiny byste tím byli schopni určit, ať už v jakýchkoli jednotkách, a jakým způsobem?“

Řešení:

a) Délka – ocejchováním tyče nebo provázku lze určit délku předmětu.

b) Hmotnost – z provázku a tyče lze sestrojit jednoduché rovnoramenné váhy, hrnec může posloužit jako etalon jednotky hmotnosti.

c) Čas – z provázku a hrnce lze sestrojit primitivní kyvadlo, jehož jeden kmit nebo kyv může být jednotkou času, zároveň může tyč posloužit k výrobě tzv. slunečních hodin, kterými lze posunem Slunce po obloze také odměřovat čas.

d) Objem – pokud lze tyčí nebo provázkem změřit výška, šířka a hloubka předmětu, lze z těchto údajů vypočítat i objem tělesa, zároveň lze například ponořením tělesa do hrnce plného vody určit množství vytlačené vody tělesem a z něj určit hmotnost.

e) Hustota – jestliže pomocí dostupných předmětů je možno určit hmotnost a objem, lze určit i hustotu tělesa.

f) Rychlost – jestliže je možno pomocí kyvadla z hrnce a provazu určit čas, a pomocí tyče změřit délku dráhy, je možné vypočítat průměrnou rychlost tělesa

g) Zrychlení – jestliže je možno určit délku dráhy a čas, je možné z těchto hodnot vypočítat i průměrné zrychlení tělesa.

h) Tíhové zrychlení – z doby kyvu kyvadla sestrojeného z hrnce a provázku je možno vypočítat tíhové zrychlení působící na kyvadlo.

i) Síla – sestrojením rovnoramenných vah lze určit sílu působící na jedno z ramen ze znalosti, že rovnováha nastává v situaci, kdy na obě ramena působí stejný moment síly daný součinem působící síly a kolmé vzdálenosti od osy otáčení.

j) Energie – jestliže je možno určit hmotnost a rychlost tělesa, je možné určit jeho kinetickou energii a jestliže lze změřit v jaké výšce vůči zemskému povrchu se těleso nachází, lze určit i potenciální energie tělesa.

Úloha 7)

Zadání:

„Popište, jaká by nastala situace, kdyby najednou na světě přestalo existovat veškeré elektromagnetické záření.“

Řešení:

a) Přestalo by existovat světlo, takže bychom nic neviděli a všude by nastala černočerná nekonečná tma.

b) Kvůli absenci světla by za nějakou dobu uhynuly veškeré rostliny a plodiny.

c) Přestalo by existovat tepelné záření, takže bychom velice rychle umrzli.

d) Přestalo by fungovat veškeré bezdrátové spojení na zeměkouli, jako je mobilní spojení, rádiový přenos, televizní vysílání apod.

e) Přestaly by komunikovat satelity a navigační systémy jako je např. GPS.

f) Přestalo by existovat infračervené a mikrovlnné záření, takže by přestala fungovat dálková ovládání, mikrovlnné trouby, a hlavně bezdrátové připojení k internetu.

g) Přestalo by existovat rentgenové záření, proto nebylo možné vyšetřit vnitřní zranění v lidském těle, ani provést žádné kontroly vnitřních defektů různých předmětů.

h) Přestalo by existovat nebezpečné gama záření, takže by se rázem staly všechny jaderné elektrárny zcela bezpečné.

Úloha 8)

Zadání:

„Kdyby chtěl zloděj odcizit bývalý etalon kilogramu z Mezinárodního úřadu pro míry a váhy ve francouzském Sévres musel by překonat několik bezpečnostních opatření. Jedním z opatření může být laserový paprsek, který je namířen na etalon, a v momentě, kdy bude etalon odebrán, dopadne paprsek na optický senzor a spustí se poplach. Jak bychom mohli fyzikálními postupy zabránit světelnému paprsku, aby dopadl na optický senzor po odebrání bývalého etalonu?“

Řešení:

a) Umístěním optického hranolu do dráhy laseru lze paprsek odklonit jiným směrem.
b) Umístěním a natočením vhodného polarizačního filtru lze polarizovaný laserový paprsek zcela pohltit.
c) Umístěním a správným natočením polarizační půlvlnné destičky lze dosáhnout stejného účinku jako s polarizačním filtrem.
d) Umístěním správného barevného filtru lze zcela pohltit laserový paprsek o určité vlnové délce.
e) Umístěním optického vlákna před svazek laserových paprsků lze tyto paprsky odklonit do požadovaného směru nakloněním optického vlákna.
f) Umístěním zrcadla před svazek lze laserový svazek odrazit jiným směrem.

Úloha 9)

Zadání:

„Navrhněte způsob, jak překonat jezero za použití fyzikálních principů.“

Řešení:

a) Vyrobením dřevěného voru, který díky nízké hustotě dřeva bude vytlačován vztlakovou silou vody a plovat na hladině, se půjde dostat na druhý břeh.
b) Sestrojením rogala, který se díky odporu vzduchu a dynamickému vztlaku udrží ve vzduchu. Po rozběhu z vyvýšeného místa lze přelétnout na druhý břeh.
c) Sestrojením parního stroje, jehož energii lze převést na pohyb pístu, který může být použit k vyčerpání vody a jezero může být překonáno suchou nohou.
d) Při umístění předmětu o velmi velké ploše na vodní hladinu, například velkého kusu plechu, bude tlak tohoto předmětu vyvíjený na vodní hladinu velmi malý a nepřesáhne velikost povrchového napětí kapaliny. Předmět se díky tomuto jevu udrží na hladině a jeho použitím jako plavidla lze přeplout na druhou stranu.

e) Namířením obří spojné čočky na hladinu jezera by šlo soustředěním slunečních paprsků na hladinu jezero vypařit a přejít na druhý břeh suchou nohou.

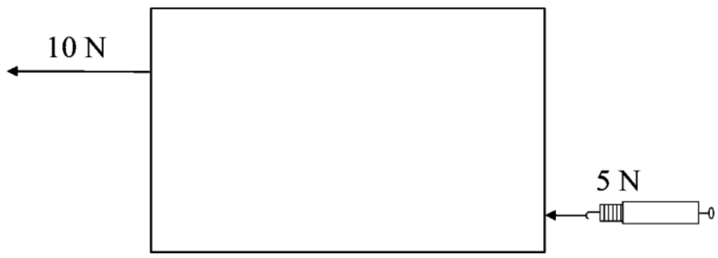
f) Použitím kusu kovu ve tvaru zvonu, který by byl naplněn vzduchem a ponořen pod hladinu jezera tak, aby z něj neunikl vzduch, šlo by v tomto potápěčském zvonu překonat jezero přejitím po dně.

g) Zavedením elektrického proudu do jezera a přidáním kyseliny sírové jako elektrolytu by šlo vodu elektrolyticky rozložit a přejít po dně suchou nohou.

Úloha 10)

Zadání:

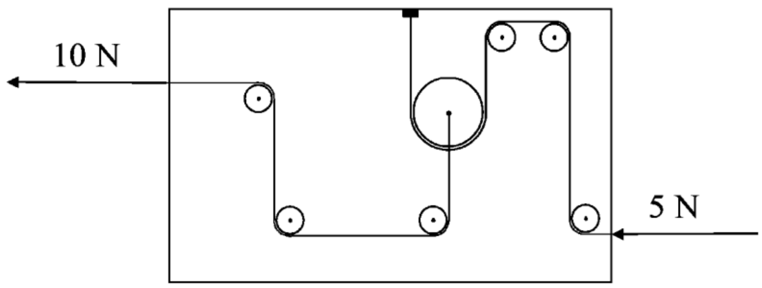
„Z krabice zobrazené na obrázku níže (Obr. 5) vedou dva provazy. Pokud za provaz vlevo zatáhneme silou 10 N směrem od krabice, na siloměru přivázanému k pravému provazu se ukáže výchylka odpovídající síle 5 N, která bude směřovat do krabice. Dokreslete, jaké zařízení by se mohlo skrývat uvnitř, aby tato skutečnost platila."



Obr. 5: Zadání divergentní úlohy 10

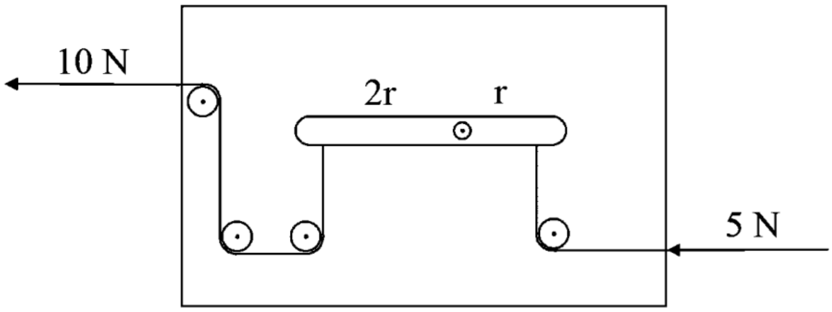
Řešení:

První možností je umístění volné kladky s lanem, jehož jeden konec bude pevně uchycen ke krabici a druhý konec bude přes soustavu otočných koleček vyveden z krabice ven a uchycen k siloměru. Po uchycení levého lana, na které je vyvíjena síla 10 N, ke kladnici bude na siloměr vyvíjena síla 5 N, jak je znázorněno na obrázku níže (Obr. 6).



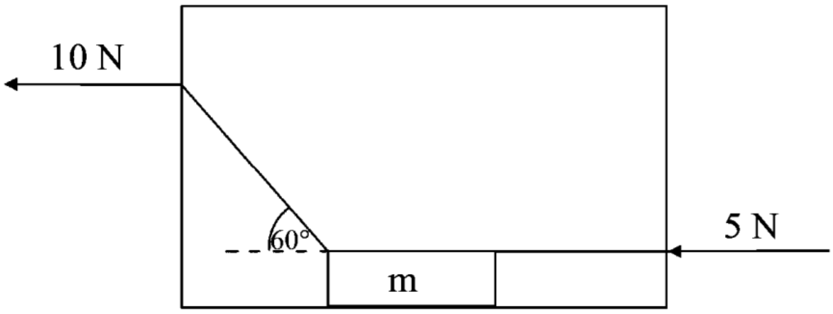
Obr. 6: První možné řešení divergentní úlohy 10

Druhé řešení je možné realizovat pomocí tyče volně se otáčející kolem své osy, k jejímž koncům jsou přivázána obě lana. Levé lano je přivázáno k levému ramenu tyče, které má oproti pravému ramenu dvojnásobnou délku, a pravé lano je přivázáno k pravému rameni tyče, jak je znázorněno na obrázku níže (Obr. 7). Z rovnováhy na páce je jasné, že pravé rameno bude působit oproti levému rameni pouze poloviční silou.



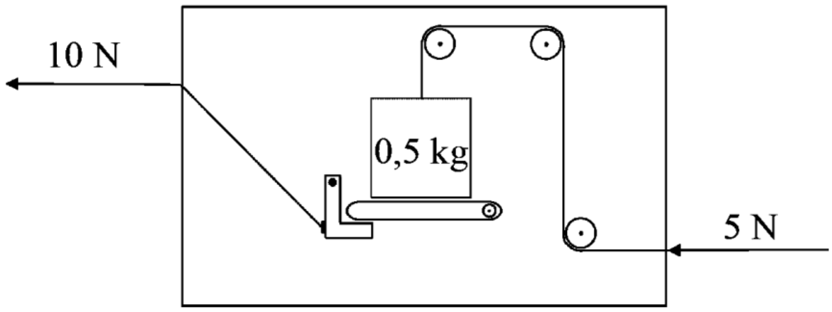
Obr. 7: Druhé možné řešení divergentní úlohy 10

Třetí možností je upevnění levého lana k závaží o hmotnosti *m* pod úhlem 60 ° vzhledem k horizontálnímu směru, zatímco pravý provaz bude k tělesu upevněn v přímém směru, jak je znázorněno na obrázku níže (Obr. 8). Ze zákona rozkladu sil je patrné, že na pravý provaz bude vyvíjena síla 5 N.



Obr. 8: Třetí možné řešení divergentní úlohy 10

Čtvrtým řešením je zařízení, které vyvinutím síly na levé lano uvolní těleso o hmotnosti 0,5 kg, které vlivem tíhového zrychlení vyvine na pravý provaz sílu o velikosti 5 N, jak je znázorněno na obrázku níže (Obr. 9).

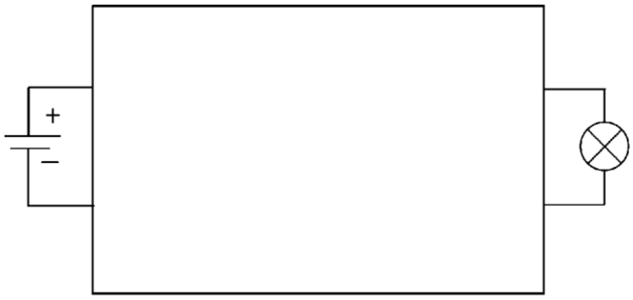


Obr. 9: Čtvrté možné řešení divergentní úlohy 10

Úloha 11)

Zadání:

„Z pravé části krabice jsou vyvedeny dva vodiče, ke kterým je připojena žárovka. Z levé části krabice vedou také dva vodiče, ke kterým může být připojen zdroj napětí. Jestliže je k vodičům nalevo připojen zdroj stejnosměrného napětí, žárovka nesvítí, jako je zobrazeno na následujícím obrázku. (Obr. 10). Jestliže je k vodičům nalevo připojen zdroj střídavého napětí, žárovka se rozsvítí, jako je vyobrazeno na obrázku níže (Obr. 11). Dokreslete obsah krabice tak, aby tato situace byla možná.“

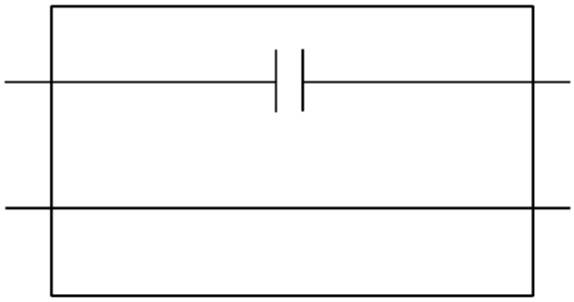


Obr. 10: Zadání divergentní úlohy 11, situace 1

Obr. 11: Zadání divergentní úlohy 11, situace 2

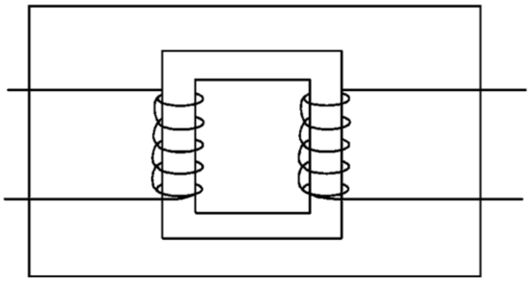
Řešení:

Prvním možným řešením je umístit do krabice kondenzátor, kterým neprochází stejnosměrný proud, střídavý proud jím však prochází. Zapojení je zobrazeno na následujícím obrázku (Obr. 12).



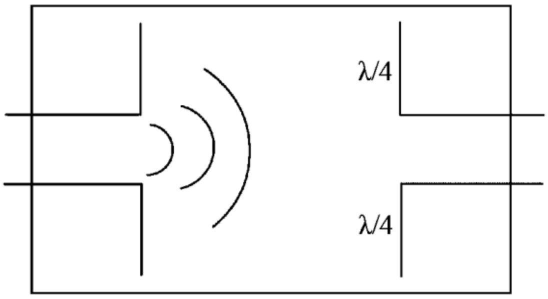
Obr. 12: První možné řešení divergentní úlohy 11

Druhou možností je umístit do krabice transformátor tvořený dvěma cívkami propojenými jádrem z magneticky měkké oceli, kdy změna procházejícího střídavého proudu v jedné cívce vytváří proměnlivé magnetické pole, které indukuje napětí v cívce druhé. Toto však u stejnosměrného napětí není možné. Konfigurace transformátoru je znázorněna na následujícím obrázku (Obr. 13).



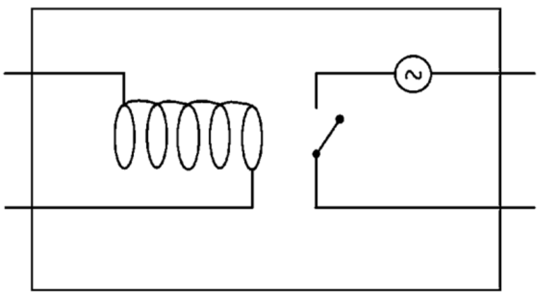
Obr. 13: Druhé možné řešení divergentní úlohy 11

Dalším řešením může být připojení ke zdroji napětí anténu tvořící půlvlnný dipól při průchodu střídavého, ne však stejnosměrného proudu. Ta vyšle elektromagnetické záření, které bude přijato druhou anténou vytvářející střídavé napětí o stejných parametrech jako zdroj. Podoba těchto antén je znázorněna na obrázku níže (Obr. 14)



Obr. 14: Třetí možné řešení divergentní úlohy 11

Jednou z možností je připojit ke zdroji napětí cívku, jejíž magnetické pole při průchodu střídavého proudu přitáhne magnetickou silou kovový spínač, který propojí druhý obvod tvořený zdrojem napětí a žárovkou vně krabice. Zmíněné zapojení je zobrazeno na obrázku níže (Obr. 15).

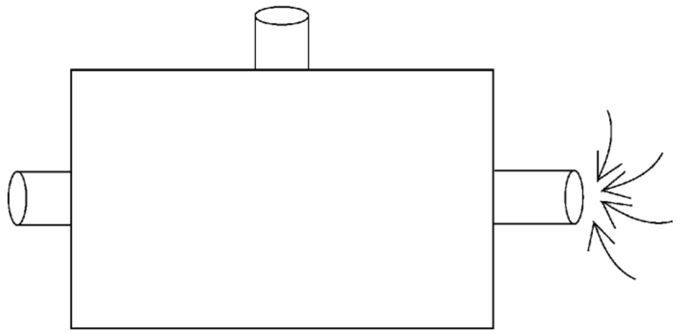


Obr. 15: Čtvrté možné řešení divergentní úlohy 11

Úloha 12)

Zadání:

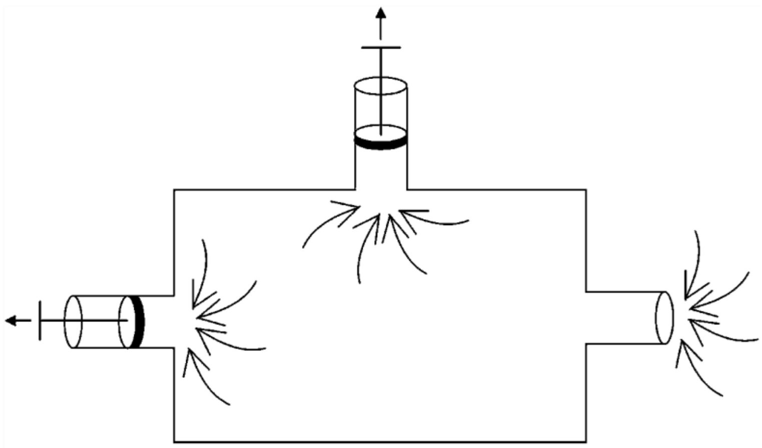
„Připevněte ke dvěma otvorům na krabici (nahoře a nalevo) libovolné předměty o různé funkčnosti nebo dokreslete vnitřek krabice tak, aby se z pravého dolního otvoru nasával vzduch, jako je to zobrazeno na obrázku níže. (Obr. 16).“



Obr. 16: Zadání divergentní úlohy 12

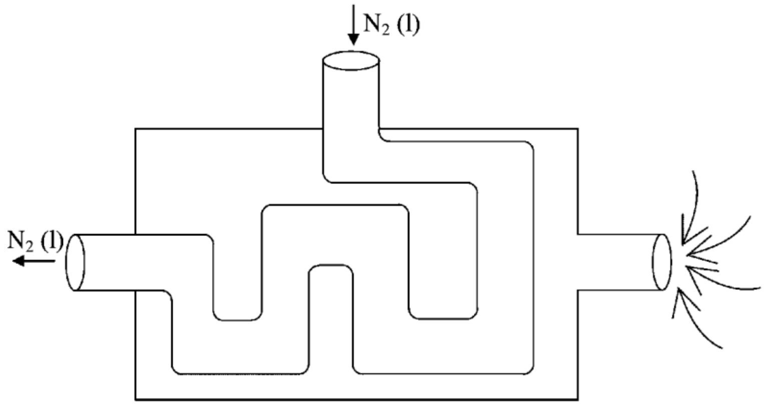
Řešení:

Jedním z řešení je připojení dvou válců s pístem k otvorům na krabici. Posunem pístů směrem od krabice dojde k poklesu tlaku v krabici a následnému nasávání vzduchu zbývajícím otvorem, jako na následujícím obrázku (Obr. 17).



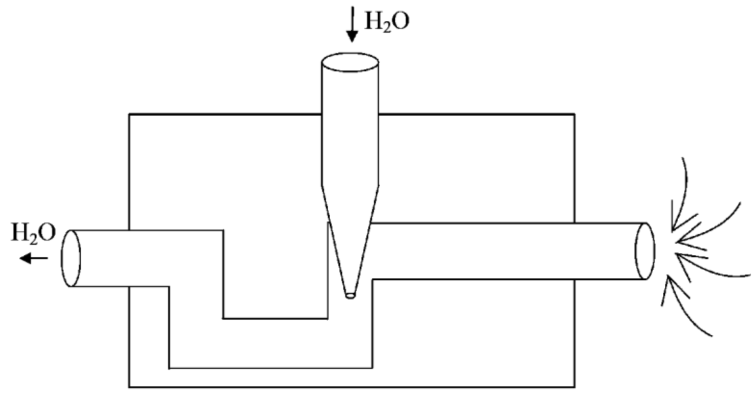
Obr. 17: První možné řešení divergentní úlohy 12

Při umístění potrubí, kterým bude protékat velmi studená kapalina, například tekutý dusík o teplotě -196 °C, dojde v krabici k poklesu teploty, čímž dojde vlivem objemové roztažnosti látek ke zmenšení objemu okolního vzduchu v krabici, tedy k podtlaku vzhledem k okolnímu atmosférickému tlaku, a u pravého otvoru dojde k nasávání vzduchu, jako je zobrazeno na obrázku níže (Obr. 18).



Obr. 18: Druhé možné řešení divergentní úlohy 12

Další možností je umístění kapalinové vývěvy do krabice tak, aby při protékání vody vysokou rychlostí horním a levým otvorem byl současně díky hydrodynamickému paradoxu nasáván vzduch pravým otvorem, jak je znázorněno na obrázku níže (Obr. 19).

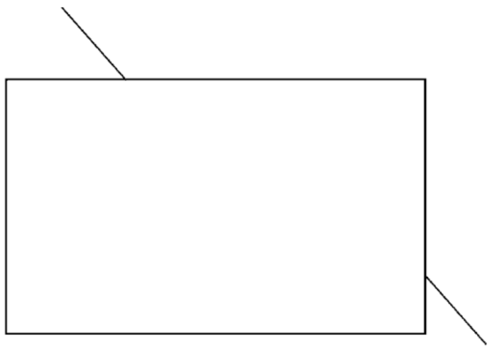


Obr. 19: Třetí možné řešení divergentní úlohy 12

Úloha 13)

Zadání:

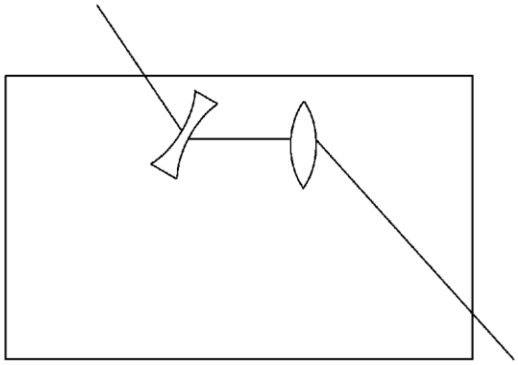
„Dokreslete do vnitřku krabice optické prvky, aby platilo, že při posvícení laserem do horní části krabice bude z jejího pravého boku vycházet laserový svazek takovým způsobem, jako na obrázku níže (Obr. 20).“



Obr. 20: Zadání divergentní úlohy 13

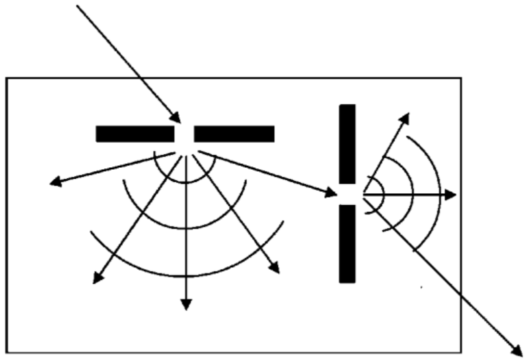
Řešení:

Při umístění tenké rozptylné a tenké spojné čočky na správná místa, dojde k zalomení paprsku požadovaným způsobem, jako na obrázku níže (Obr. 21).



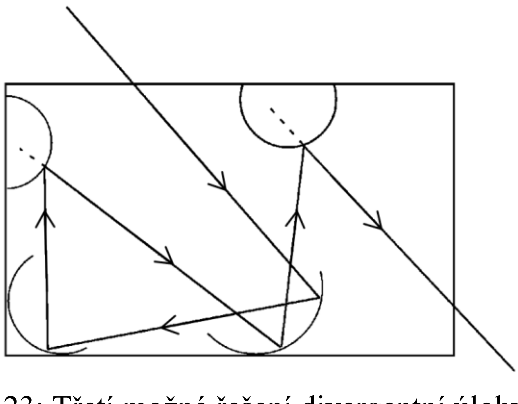
Obr. 21: První možné řešení divergentní úlohy 13

Další možností může být umístění úzkých štěrbin, jejichž vlivem dojde k difrakci světla a paprsek dopadne i do oblasti geometrického stínu tak jak je zobrazeno na následujícím obrázku (Obr. 22).



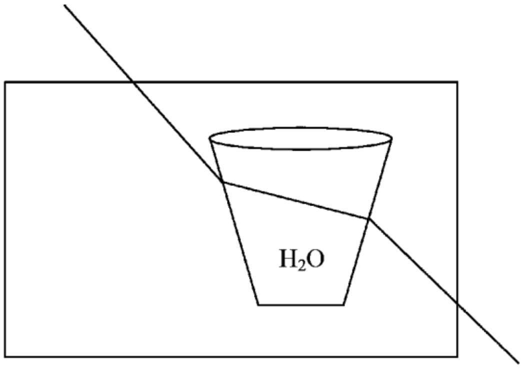
Obr. 22: Druhé možné řešení divergentní úlohy 13

Jedou z možností je také umístění kulových zrcadel (dutých a vypuklých) takovým způsobem, aby došlo k odražení paprsku požadovaným směrem, například způsobem uvedeným na obrázku níže (Obr. 23).



Obr. 23: Třetí možné řešení divergentní úlohy 13

Čtvrtým řešením může být například prosté umístění sklenice s vodou do krabice tak, aby vlivem většího indexu lomu vody došlo k zalomení paprsku takovým způsobem, jako je uvedeno na následujícím obrázku (Obr. 24).

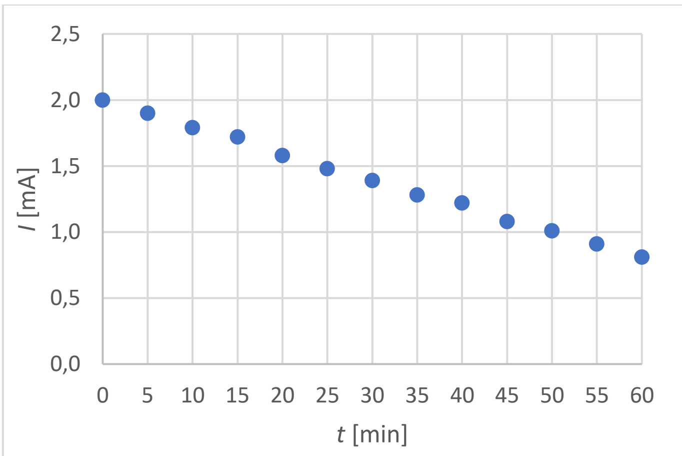


Obr. 24: Čtvrté možné řešení divergentní úlohy 13

Úloha 14)

Zadání:

„Výzkumný fyzik měřil závislost elektrického proudu v obvodu, ve kterém je ke zdroji stejnosměrného napětí připojen elektrospotřebič. Jeho experimentálně naměřené výsledky jsou zobrazeny na grafu níže (Obr. 25). Zkuste uvést důvody, proč hodnoty naměřeného proudu klesají v čase.“



Obr. 25: Zadání divergentní úlohy 14

Řešení:

a) Experimentátor použil zdroj napětí dodávající v čase stále menší a menší rozdíl elektrického potenciálu, tím v obvodu klesá napětí a podle Ohmova zákona klesá i procházející elektrický proud.

b) Průchodem elektrického proudu se vodiče zahřívají, čímž roste jejich elektrických odpor a podle Ohmova zákona tak při stejném napětí klesá hodnota proudu.

c) Dlouhodobým průchodem elektrického proudu se vodiče zahřívají natolik, že dochází k jejich tzv. přepálení, tedy že se postupně na určitých místech zmenšuje jejich průřez, čímž roste jejich odpor a klesá proud.

d) Elektrospotřebič připojený k elektrickému obvodu spotřebovává méně elektrické energie a tím se v obvodu zmenšuje hodnota procházejícího proudu.

e) Na podložku se s časem dostala vlhkost, kterou elektrický proud probíjí mimo měřený elektrický obvod a tím se snižuje jeho hodnota v měřeném úseku.

Úloha 15)

Zadání:

„Student provedl měření četnosti radioaktivních částic emitovaných zářičem ^{137}Cs pomocí Geiger-Müllerova počítače. Totéž měření provedl i scintilačním detektorem NaI(Tl). Z obou měření dostal zcela jiné výsledky. Uveďte co nejvíce důvodů, proč se od sebe výsledky liší, i když bylo v obou případech postupováno správně."

Řešení:

a) Každý detekční přístroj má jinou citlivost na záchyt radioaktivních částic.

b) Každý přístroj mohl zachytávat částice po jinou dobu.

c) Každý přístroj mohl být umístěn v jiné vzdálenosti od zářiče ^{137}Cs

d) Každý z přístrojů má jinou velikost komory, ve které detekuje radioaktivní částice, a tudíž bude vykazovat ve svém pracovním prostoru jiný počet částic za stejný čas.

e) Každý z přístrojů mohl být umístěn pod jiným úhlem vůči zářiči, a to opět mohlo ovlivnit velikost plochy, v níž bylo měření prováděno.

f) Každý z přístrojů byl použit v jiný čas a za tu dobu poklesla aktivita zářiče. (Pouze pokud byl mezi jednotlivými měřeními dostatečně velký časový odstup)

g) U každého z měření mohla být jiná hodnota tzv. záření na pozadí. To mohlo být způsobeno například manipulací s jiným zdrojem záření v okolí prováděného experimentu nebo fluktuace kosmického záření.

4.2 Sbírka Fermiho úloh

Úloha 1)

Zadání:

> „Cena elektřiny je vysoká, proto by se mohlo zdát, že ušetříme, když začneme svoji stolní lampičku napájet energií, kterou vyprodukuje křeček pohybem v běhacím kolečku. O kolik více bychom ale měsíčně utratili za krmivo pro křečka, jestliže energii vydanou na provoz stolní lampičky musí přijmout v potravě?“

Řešení:

Jak dlouho svítí lampička v období jednoho kalendářního měsíce?

Každý den asi dvě hodiny večer, tzn. 2 hodiny · 30 dní = 60 hodin měsíčně.

Jaký příkon má průměrná stolní lampička?

Asi 10 wattů.

Kolik joulů energie spotřebuje lampička za jednu hodinu svícení?

Energie za hodinu = příkon · čas = 10 W · 3600 s = 36 000 J = 36 kJ

Kolik energie spotřebuje lampička za měsíc?

Energie za měsíc = energie za hodinu · počet hodin svícení za jeden měsíc = = (36 000 · 60) J ≈ 2,2 MJ

Jaká je účinnost svalů na křeččích končetinách?

Asi 20 %. [23, s. 7]

Kolik energie bude potřeba, aby křeček přijal v potravě?

Energie přijatá v potravě = energie vydaná za měsíc ÷ účinnost hladkého svalstva = = (2 200 000 ÷ 0,2) J = 11 MJ

Kolik energie obsahuje 1 kg průměrného krmiva pro křečky?

Průměrně kolem 2800 kcal ≈ 12 MJ. [24]

Kolik je potřeba koupit měsíčně krmiva navíc pro pohyb křečka k pohánění lampičky?

Hmotnost potřebného krmiva = energie v potravě ÷ energie v jednom kilogramu křeččího krmiva = (11 000 000 ÷ 12 000 000) kg ≈ 0,9 kg

Jaká je cena jednoho kilogramu krmiva pro křečky?

Průměrně asi 200 Kč. [24]

Kolik bude stát dodatečné krmivo na měsíc?

Cena = (0,9 · 200) Kč ≈ 180 Kč.

Odpověď:

„Pokud bychom chtěli pohánět stolní lampičku pohybem křečka v běhacím kolečku, utratili bychom měsíčně za dodatečné krmivo okolo 180 Kč.“

Úloha 2)

Zadání:

„Jaké zvětšení by měla lupa se stejným počtem dioptrií, jako je součet dioptrií všech dioptrických brýlí používaných žáky na tvojí škole?“

Řešení:

Kolik žáků navštěvuje moji školu?

Asi 360 žáků.

Jaké procento z nich nosí dioptrické brýle?

Asi 30 %.

Kolik žáků v mé škole nosí dioptrické brýle?

Žáci s brýlemi = počet žáků · podíl lidí s brýlemi = (360 · 0,3) žáků ≈ 110 žáků

Kolik dioptrií mají průměrně jedny dioptrické brýle?

Asi 1,5 dioptrie.

Kolik dioptrií mají dohromady brýle všech žáků na škole?

Dioptrie = průměrný počet dioptrií brýlí jednoho žáka · počet žáků s brýlemi = = 1,5 dioptrie · 100 žáků = 150 dioptrií

Jakou ohniskovou vzdálenost má lupa s optickou mohutností 150 dioptrií?

Ohnisková vzdálenost = 1 ÷ počet dioptrií = (1 ÷ 150) m ≈ 0,006 m

Jaké zvětšení má lupa s takovýmto počtem dioptrií?

Příčné zvětšení = konvenční zraková vzdálenost ÷ ohnisková vzdálenost lupy = = 0,25 m ÷ 0,006 m ≈ 42

Odpověď:

„Lupa se stejným počtem dioptrií, jako je součet dioptrií všech dioptrických brýlí používaných žáky mé školy, bude zvětšovat přibližně 42krát.“

Úloha 3)

Zadání:

„Kolik přístrojů na magnetickou rezonanci by se dalo sestrojit spojením drobných magnetů na dveřích všech lednic v olomouckých domácnostech?“

Řešení:

Kolik je v Olomouci obyvatel?

Asi 100 000 obyvatel. [25]

Kolik obyvatel má průměrná česká domácnost?

Asi 3 lidi na jednu domácnost.

Kolik je to domácností?

Počet domácností = počet obyvatel v Olomouci ÷ počet lidí v jedné domácnosti = = (100 000 ÷ 3) domácností ≈ 33 000 domácností

Kolik procent olomouckých domácností vlastní ledničku a jaké procento těchto domácností s ledničkou má na ledničce drobné např. upomínkové magnety?

Ledničku vlastní prakticky 100 % domácností a drobné magnety má asi 90 % z nich.

Kolik takovýchto magnetů je průměrně na jedné ledničce?

Asi 10 magnetů.

Kolik takovýchto magnetů je na všech olomouckých ledničkách?

Počet magnetů = počet domácností s ledničkou, na které jsou magnety · průměrný počet magnetů na jedné lednici = (33 000 · 0,9 · 10) magnetů ≈ 300 000 magnetů.

Která veličina vyjadřuje silové účinky magnetického pole tyčového magnetu?

Magnetická indukce B.

Jak velkou magnetickou indukci B má průměrný magnet na lednici?

Magnetická indukce průměrného magnetu je asi 0,001 tesla. [26]

Jak velkou magnetickou indukci B má průměrná magnetická rezonance?

Asi 3 tesla. [26]

Kolik magnetů by bylo potřeba k vytvoření jedné magnetické indukce o velikosti 3 tesla?

Počet magnetů z lednice = velikost magnetické indukce jedné průměrné magnetické rezonance ÷ velikost magnetické indukce průměrného magnetu na lednici = = (3 ÷ 0,001) magnetů = 3000 magnetů

Kolik magnetických rezonancí by se dalo sestrojit z 300 000 magnetů na ledničkách v olomouckých domácnostech?

Počet magnetických rezonancí = počet všech magnetů na ledničkách všech olomouckých domácností ÷ počet magnetů potřebných na sestrojení 1 magnetické rezonance = (300 000 ÷ 3000) magnetických rezonancí = 100 magnetických rezonancí

Odpověď:

„Z magnetů vyskytujících se na ledničkách olomouckých domácností by šlo sestrojit asi 100 magnetických rezonancí s velikostí magnetické indukce 3 tesla.“

Úloha 4)

Zadání:

„Jakou vzdálenost urazí ročně palce všech rukou v České republice pohybující se po obrazovce telefonu posouváním videí na sociální síti TikTok?“

Řešení:

Kolik lidí žije v České republice?

Asi 10,8 mil. lidí. [27]

Jaká část obyvatel má převážně nainstalovanou aplikaci TikTok?

Vycházejme z předpokladu, že aplikaci TikTok má nainstalovanou hlavně věková kategorie od 12 do 26 let.

Kolik obyvatel spadá do této věkové kategorie?

Asi 1,6 mil obyvatel. [27]

Jaké procento obyvatel této věkové kategorie má TikTok?

Asi 70 %, tedy počet lidí používající TikTok = (1,6 mil. · 0,7) lidí = 1,12 mil. lidí

Kolik času stráví jeden člověk sledováním videí na TikToku denně?

Asi hodinu denně.

Jak dlouho trvá zhlédnutí jednoho videa?

Zhlédnutí jednoho videa trvá asi 30 sekund, včetně zohlednění situace, kdy je video posunuto dál bez zhlédnutí do konce.

Kolik TikToků zhlédne denně průměrně jeden člověk?

Počet zhlédnutých videí = čas strávený sledováním denně ÷ délka sledování jednoho videa = (3600 ÷ 30) videí = 120 videí

Jaká je průměrná dráha, kterou urazí palec, během jednoho posunutí na další video?

Asi 7 cm, což je 0,07 m.

Jaká je celková dráha palce jedné osoby za jeden den?

Dráha palce = počet videí · dráha jednoho posunutí = (120 · 0,07) m = 8,4 m

Jaká je celková dráha jednoho palce za rok?

Dráha za rok = dráha palce · počet dní v roce = (8,4 · 365) m ≈ 3000 m

Jaká je celková dráha všech palců v České republice?

Dráha za rok · počet obyvatel používajících TikTok = (3000 · 1 120 000) m = ≈ 3 000 000 000 m = 3,4 mil. km.

Odpověď:

„Palce všech rukou v České republice urazí za rok dráhu přibližně 3,4 miliony km posouváním videí na sociální síti TikTok.“

Úloha 5)

Zadání:

„Kdybychom chtěli na poli vypěstovat tolik hlávkového salátu, abychom pokryli roční spotřebu salátu celé Evropské unie, bylo by jistě potřeba velkého množství dusíkatého hnojiva. Jaký objem vzduchu by bylo potřeba frakčně předestilovat, abychom z něj získali dusík na výrobu potřebného množství hnojiva?“

Řešení:

Kolik obyvatel má Evropská unie?

Asi 450 mil. obyvatel. [28]

Kolik sní člověk salátu ročně?

Asi jednu hlávku za dva měsíce, tedy šest ročně.

Jaká je roční spotřeba salátu v EU?

Roční spotřeba salátu v EU = počet obyvatel EU · roční spotřeba salátu jednoho obyvatele EU = (450 000 000 · 6) hlávek salátu = 2,7 mld. hlávek salátu.

Jakou plochu půdy zabere jedna hlávka salátu?

Asi čtvrt metru čtverečního.

Jakou plochu půdy zabere 2,7 mld. hlávek salátu?

Celková plocha pro 2,7 mld. hlávek salátu = plocha pro jeden salát · počet hlávek salátu = 2,7 mld. · 0,25 m^2 = 675 mil. m^2 $\approx$ 68 000 ha

Jaké složení má běžné hnojivo?

Nejběžnější je dusičnan amonný o složení NH_4NO_3.

Kolik dusíkatého hnojiva je potřeba použít na 1 hektar půdy?

Asi 200 kg na hektar půdy osázené košťálovou zeleninou. [29]

Kolik by bylo potřeba použít dusíkatého hnojiva celkem?

Hmotnost hnojiva celkem = hmotnost hnojiva na jeden hektar · plocha v hektarech = = (200 · 68 000) tun $\approx$ 14 tis. tun dusíkatého hnojiva

Kolik dusíku je v 1 kg hnojiva?

V čistém dusičnanu amonném je dusíku 35 %, v hnojivech to bude trochu méně, odhadem asi 30 %, tedy (14 000 000 · 0,3) tun dusíku ≈ 4 tis. tun dusíku.

Jaké množství dusíku obsahuje vzduch?

Přibližně 76 % hmotnosti vzduchu. [30]

Kolik vzduchu by bylo potřeba frakčně předestilovat abychom získali 4000 tun dusíku?

Hmotnost vzduchu = hmotnost dusíku ÷ 0,76 = (4000 ÷ 0,76) tun ≈ 5 200 tun

Jaký objem má takové množství vzduchu?

Hustota vzduchu je 1,3 kg na m^3, tedy objem potřebného vzduchu = hmotnost vzduchu ÷ hustota vzduchu = (5 200 000 ÷ 1,3) m^3 = 4 mil. m^3 vzduchu. [30]

Odpověď:

„K výrobě dusíkatého hnojiva, které by bylo potřeba k vypěstování takového množství hlávkového salátu, jaká je jeho roční spotřeba v EU, by bylo potřeba frakčně předestilovat asi 4 miliony m^3 vzduchu. Takovéto řešení by však bylo příliš nákladné vzhledem ke zvolenému postupu.“

Úloha 6)

Zadání:

„Kolik peněz si může za týden vydělat prodejce kávy, který si otevře stánek na stanici Můstek v pražském metru?“

Řešení:

Jaké jsou náklady na prodej šálku kávy?

Cena zrnkové kávy, pitné vody, energie na provoz kávovaru, nájem místa na stánek

Kolik stojí jeden kilogram zrnkové kávy?

Asi 500 Kč za kilogram zrnkové kávy.

Kolik šálků kávy lze připravit z jednoho kilogramu zrnkové kávy?

Na přípravu jednoho šálku kávy je potřeba asi 10 g zrnkové kávy, z 1 kg zrnkové kávy lze tedy uvařit 1000 g ÷ 10 g = 100 šálků kávy.

Kolik vody spotřebuje uvaření jednoho šálku kávy?

Asi 0,5 l.

Kolik stojí 0,5 l pitné vody v Praze?

V roce 2024 stojí kubík vody (1 m^3) cca 130 Kč, tedy 0,5 l (0,0005 m^3) pitné vody bude stát (130 · 0,0005) Kč ≈ 0,07 Kč. [31]

Kolik stojí provoz kávovaru?

Průměrný kávovar má příkon asi 4000 wattů. [32]

Kolik Kč stojí vyprodukovat jeden šálek kávy?

Cena kávy na jeden šálek = cena 1 kg zrnkové kávy ÷ 100 = (500 ÷ 100) Kč = 5 Kč.

Energie na uvaření vody pro 1 šálek kávy = příkon · čas přípravy = 4000 W · 60 s = = 240 kJ ≈ 0,1 kWh

Cena energie = cena 1 kWh · množství energie v kWh = (5 · 0,1) Kč = 0,5 Kč

Cena přípravy jednoho šálku kávy = cena zrnkové kávy + cena pitné vody + cena energie na přípravu = (5 + 0,07 + 0,5) Kč = 5,57 Kč ≈ 6 Kč.

Za kolik lze prodat jeden šálek kávy ve stánkovém prodeji v Praze?

Kolem 60 Kč.

Kolik z ceny jednoho šálku bude činit DPH?

21 % z ceny tedy 60 Kč · 0,21 = 12,60 Kč.

Jaký bude zisk z prodeje jednoho šálku kávy?

Zisk = výnos – náklad – DPH = (60 – 6 – 12,6) Kč = 41,4 Kč ≈ 40 Kč.

Kolik lidí projde stanicí metra Můstek během dne?

Asi 100 000 lidí.

Jaké procento procházejících lidí si koupí kávu v daném stánku?

Asi 1 člověk z 1000 procházejících.

Kolik šálků kávy může být denně takto prodáno?

Počet prodaných šálků = (100 000 ÷1000) šálků = 100 šálků

Kolik bude zisk z prodeje všech šálků kávy za jeden den?

Zisk = zisk z jednoho · počet prodaných šálků = (40 · 100) Kč = 4000 Kč.

Kolik nás bude stát nájem na týden?

Pronájem prostor sloužících k podnikání ve stanici metra Můstek stojí měsíčně kolem 2000 Kč bez DPH, tedy asi 2500 Kč s DPH. [33]

Jaký bude zisk z prodeje za týden?

Zisk za týden = (zisk za den · počet dní v týdnu) – cena nájmu plochy na týden = = (4000 · 7) Kč – 2500 Kč = 25 500 Kč.

Kolik nám zbude Kč, jestliže zaplatíme daň ze zisku?

Daň ze zisku je 15 %, po jejím odečtení tedy zbude 0,85 · 25 500 Kč ≈ 21 700 Kč.

Odpověď:

„Prodejem kávy ve stanici metra Můstek lze za týden vydělat asi 21 700 Kč.“

Úloha 7)

Zadání:

„Jakou délku závěsu by muselo mít matematické kyvadlo, které by kmitalo se stejnou frekvencí, jakou za běžného provozu během všedního dne projíždějí vlaky stanicí Olomouc hl. n.?“

Řešení:

Projíždějí vlaky stanicí Olomouc hl. n. rovnoměrně celý den?

Ne.

Která denní doba bude odpovídat běžnému provozu všedního dne?

Například pondělí od 13:00 do 14:00.

Kolik vlaků projede stanicí Olomouc hl. n. v této době?

Asi 20 vlaků za hodinu. [34]

Jaká je perioda T odjetí jedné vlakové soupravy ze stanice?

T = délka hodiny v sekundách ÷ počet vlaků za hodinu = (60 · 60) s ÷ 20 = 180 s

Jaké to odpovídá frekvenci f?

$f = 1 \div T = (1 \div 180)$ Hz ≈ 0,006 Hz

Jaký je vztah pro výpočet délky závěsu matematického kyvadla?

$l = g \div (4 \cdot \pi^2 \cdot f^2)$, kde l je délka závěsu, g je velikost tíhového zrychlení a f je frekvence kmitání.

Jaká délka závěsu matematického kyvadla by odpovídala frekvenci 0,006 Hz?

$l = [9{,}81 \div (4 \cdot \pi^2 \cdot 0{,}006^2)]\ \mathrm{m} \approx 7000\ \mathrm{m} = 7\ \mathrm{km}$

Odpověď:

„Délka závěsu matematického kyvadla, které kmitá se stejnou frekvencí, s jakou za všedního dne při běžném provozu projíždí vlaky stanicí Olomouc hl. n., by musela být přibližně 7 km.“

Úloha 8)

Zadání:

„Kolik hrnků kakaa by připadlo na jedno nezletilé dítě v ČR, kdybychom se rozhodli spálit všechny učebnice fyziky v ČR a uvařit si na nich onen teplý nápoj?“

Řešení:

Kolik je v České republice škol?

Asi 4200 základních a 1300 středních škol. [35]

Kolik tříd v jedné škole se v daném školním roce učí fyziku?

Jestliže se na základní škole učí fyzika od šesté do deváté třídy a průměrně jedna z těchto tříd se dělí na třídu A a třídu B, na základní škole se každý rok učí fyziku 5 tříd. Na střední škole se fyzika učí průměrně dva roky a každá střední škola má průměrně 8 tříd v ročníku, tedy 16 tříd s výukou fyziky. [35]

Kolik žáků je průměrně v jedné třídě?

Asi 25 žáků. [35]

Jaké procento žáků používá ve výuce fyziky učebnici?

Na základní škole je to cca 100 %, na střední zhruba 50 %.

Kolik žáků používá učebnici fyziky?

Počet žáků s učebnicí fyziky = [počet tříd na ZŠ s výukou fyziky + (počet tříd na SŠ s výukou fyziky · 0,5)] · počet žáků ve třídě · (počet škol základních škol + + počet středních škol) = {[5 + (8 · 0,5)] · 25 · (4200 + 1300)} žáků ≈ 1,25 mil. žáků používajících učebnici fyziky.

Kolik učitelů fyziky je v České republice?

Na každé základní škole je průměrně 1 učitel fyziky, na každé střední průměrně 2 učitelé fyziky, tedy [(4200 · 1) + (1300 · 2)] učitelů fyziky = 6800 učitelů fyziky.

Kolik učebnic fyziky vlastní učitelé a kolik žáci?

Každý žák učící se fyziku má 1 učebnici fyziky a každý učitel vlastní průměrně 5 učebnic fyziky. Žáci tedy vlastní přibližně 1,25 mil. kusů učebnic fyziky a množství učebnic vlastněných učiteli fyziky lze spočítat následovně: množství učebnic fyziky vlastněné učiteli fyziky = počet učitelů fyziky · počet učebnic fyziky vlastněných jedním učitelem fyziky = (6800 · 5) kusů = 34 000 kusů.

Kolik knihkupectví je odhadem v ČR?

V každém městě je průměrně jedno knihkupectví, to s počtem 610 měst v ČR činí asi 600 knihkupectví. [36]

Kolik učebnic fyziky je v knihkupectvích?

Včetně zásob ve skladu průměrně asi 50 učebnic fyziky v jednom knihkupectví. Počet učebnic fyziky v knihkupectvích v ČR je asi (600 · 50) učebnic fyziky = = 30 000 učebnic fyziky.

Kolik je v České republice učebnic fyziky?

Počet učebnic celkem = počet učebnic fyziky u žáků + počet učebnic u učitelů + + počet učebnic v knihkupectvích = (1 250 000 + 34 000 + 30 000) učebnic fyziky = = 1,3 mil. učebnic fyziky.

Jaká je hmotnost jedné učebnice fyziky?

Asi 1 kg.

Jaká je výhřevnost papíru?

Asi 15 MJ energie na 1 kg papíru. [37]

Kolik joulů tepla by se uvolnilo spálením všech učebnic fyziky v ČR?

Množství tepla = výhřevnost 1 kg papíru · hmotnost jedné učebnice · počet učebnic v ČR = $(15 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 1\,300\,000)$ J ≈ $2 \cdot 10^{13}$ J

Kolik tepla spotřebuje ohřát litr kakaa, potažmo mléka na 100 °C?

Množství tepla = hmotnost jednoho litru mléka · tepelná kapacita mléka · rozdíl teploty ve °C = (1 · 3900 · 80) J = 312 kJ [38, s. 47]

Kolik litrů by se takto ohřálo na 100 °C spálením všech učebnic fyziky v ČR?

Počet litrů = energie vzniklá spálením učebnic ÷ energie potřebná k ohřátí 1 litru mléka = $(2 \cdot 10^{13} \div 312\,000)$ litrů ≈ 63 milionů litrů mléka

Kolik je v ČR nezletilých dětí?

Asi 2 miliony. [39]

Kolik horkého kakaa připadá na jedno dítě v ČR?

Množství kakaa na jednu nezletilou osobu = počet litrů kakaa ÷ počet nezletilých dětí v ČR = (64 mil. ÷ 2 mil.) litrů = 32 litrů kakaa.

Odpověď:

„Kdybychom se rozhodli spálit všechny učebnice fyziky na našem území a uvařit si na nich kakao, na jedno nezletilé české dítě by takto vyšlo asi 32 litrů kakaa.“

Úloha 9)

Zadání:

„Kolik dní by se napouštěl největší rybník na světě, kdyby se napouštěl rychlostí, jakou obyvatelé České republiky spotřebovávají pitnou vodu pro osobní použití?“

Řešení:

Jaký je největší rybník světa?

Rožmberk v jižních Čechách.

Jaký objem vody má tento rybník?

6,2 mil. m^3 vody = 6 200 000 m^3 = 6 200 000 000 dm^3 = 6 200 mil. litrů vody [40]

Kolik litrů vody spotřebuje denně jeden průměrný člověk pro osobní použití?

Záleží, pro jaké účely ji používá.

K čemu používá běžný člověk pitnou vodu?

Nejvíce k pití, sprchování, splachování, vaření, umývání nádobí a praní.

Kolik litrů pitné vody člověk denně použije na tyto činnosti?

Asi 2 litry na pití, 40 litrů na sprchování a 3 litry na mytí rukou, 15 litrů na splachování, 5 litrů na vaření, 30 litrů na umývání nádobí a 5 litrů na praní za předpokladu, že pereme jednou týdně. To je dohromady 100 litrů vody.

Kolik má obyvatel Česká republika?

Asi 10 800 000 obyvatel. [39]

Kolik pitné vody spotřebují obyvatelé České republiky za den?

Objem = množství vody spotřebované 1 člověkem · počet obyvatel v ČR =
= (100 · 10 800 000) litrů ≈ 1 080 mil. litrů pitné vody

Kolik dní by bylo potřeba k napuštění rybníka Rožmberk?

Počet dní potřebných k napuštění = množství vody v rybnice ÷ množství vody spotřebované obyvateli ČR denně = (6 200 000 000 ÷ 1 080 000 000) dní ≈ 6 dní

Odpověď:

„Největší rybník na světě by se naplnil stejnou rychlostí, jakou obyvatelé ČR spotřebovávají pitnou vodu, za přibližně 6 dní.“

Úloha 10)

Zadání:

„Kolik kilogramů trvanlivých potravin je potřeba dopravit každou raketou, která dopravuje astronauty na Mezinárodní vesmírnou stanici, aby zde trvale pobývající astronauti nehladověli?“

Řešení:

Jak často létají astronauti na Mezinárodní vesmírnou stanici?

Asi každého půl roku, tedy každých 6 měsíců. [42]

Kolik astronautů je průměrně najednou na Mezinárodní vesmírné stanici?

Průměrně 7 osob. [42]

Kolik kg potravin spotřebuje běžný astronaut denně?

Za předpokladu, že astronaut jí 3x denně, a jedna porce má přibližně 300 g, průměrný astronaut tedy spotřebuje 900 g, respektive 1 kg potravin denně, pokud vezmeme v potaz určitou rezervu.

Kolik kg potravin průměrně snědí všichni astronauti na Mezinárodní vesmírné stanici za den?

Množství jídla denně = množství jídla na osobu na den · počet osob na vesmírné stanici = (1 · 7) kg = 7 kg.

Kolik kg potravin spotřebují mezi jednotlivými dodávkami jídla?

Množství jídla celkem = množství jídla snězeného denně · počet dní mezi přílety = = [7 · (365 ÷ 2)] kg ≈ 1300 kg potravin.

Odpověď:

„S každou raketou, dopravující astronauty na Mezinárodní vesmírnou stanici, je třeba dopravit asi 1300 kg trvanlivých potravin, aby astronauti do příštího příletu netrpěli hlady."

Úloha 11)

Zadání:

„Jakou energii má letící letadlo Boeing 737 vzhledem k zemskému povrchu?"

Řešení:

Co tvoří energii letícího letadla Boeing 737 a na čem velikost těchto složek energie závisí?

Kinetická energie letícího letadla závisí na jeho hmotnosti a jeho rychlosti vzhledem k povrchu Země. Potenciální energie letícího letadla závisí na jeho hmotnosti, na velikosti tíhového zrychlení a na jeho vzdálenosti od zemského povrchu.

Jakou má hmotnost průměrné letadlo?

Asi 40 tun. [41]

Kolik je na palubě průměrného letadla cestujících?

Asi 150 cestujících, 2 piloti a 4 letušky, tedy asi 156 osob. [41]

Kolik váží jeden pasažér včetně všech zavazadel?

Průměrný člověk váží 75 kg a jeho zavazadla průměrně 25 kg, celkem tedy 100 kg.

Jakou má hmotnost palivo natankované na jednu cestu průměrného letadla Boeing 737?

Asi 10 tun. [41]

Jakou hmotnost má plně naložené letadlo?

Hmotnost naloženého letadla = hmotnost letadla + (počet cestujících · hmotnost jednoho cestujícího s jeho zavazadly) + hmotnost paliva = [40 000 + (156 · 100) + + 10 000] kg ≈ 66 tun.

V jaké výšce letadlo většinou létá?

Asi 10 km. [41]

Jakou rychlostí vzhledem k Zemskému povrchu letadlo většinou létá?

Asi 800 km/h ≈ 222 m/s [41]

Jaká je energie letícího letadla Boeing 737?

Energie letícího letadla = kinetická energie letadla + potenciální energie letadla = = (0,5 · hmotnost naloženého letadla · kvadrát rychlosti letadla) + (hmotnost naloženého letadla · tíhové zrychlení · výška letu letadla) = $[(0{,}5 \cdot 66000 \cdot 222^2) + (66\,000 \cdot 9{,}81 \cdot 10\,000)]$ J ≈ 8,1 GJ.

Odpověď:

„Plně naložené a natankované letící letadlo Boeing 737 má energii asi 8,1 GJ."

Úloha 12)

Zadání:

„Jaký objem oxidu uhličitého by mohlo denně pohltit z atmosféry takové množství plně vzrostlých stromů, kolik by jich muselo být teoreticky pokáceno na výrobu papíru potřebného k vytištění Bible pro všechny občany České republiky hlásící se ke křesťanské víře."

Řešení:

Kolik je občanů ČR?

Asi 10 800 000. [39]

Kolik je věřících občanů v ČR?

Asi 13 % obyvatel, tedy 10 800 000 obyvatel · 0,13 ≈ 1,4 mil. obyvatel. [46]

Kolik listů má jedna Bible?

Průměrná Bible má 1400 stran, tedy 700 listů. [47]

Kolik g papíru je potřeba na výrobu jednoho listu Bible?

Jeden list papíru A5 má cca 0,031 m^2 a s gramáží cca 40 g/m^2 váží jeden list Bible (40 · 0,031) g = 1,24 g. [48][49]

Kolik váží papír v celé průměrné Bibli?

Hmotnost papíru = hmotnost 1 listu · počet listů = (1,24 · 700) g = 900 g = 0,9 kg.

Kolik kg papíru je potřeba na vyrobení 1,4 mil. Biblí?

Hmotnost papíru = (0,9 · 1 400 000) kg = 1,3 tis. tun papíru.

Kolik stromů je potřeba na výrobu 1,3 tis. tun papíru?

Z jednoho stromu lze vyrobit cca 60 kg papíru, na 1,3 tis. tun papíru je tedy potřeba setnout (1 300 000 ÷ 60) stromů = 22 000 stromů. [50]

Kolik dokáže pohltit jeden strom CO_2 z atmosféry za 1 den?

Průměrný strom za rok dokáže pohltit odhadem 20 kg CO_2, tedy denně to činí (20 ÷ 365) kg ≈ 0,055 kg CO_2 denně. [50]

Kolik CO_2 by dokázalo pohltit 22 000 stromů?

Množství pohlceného CO_2 = množství pohlceného CO_2 jedním stromem · počet stromů = (0,055 · 22 000) kg = 1 210 kg = 1,2 tun CO_2 denně.

Odpověď:

„Stromy, které by byly potřeba setnou na výrobu papíru pro vytištění Bible pro každého věřícího občana ČR, by denně mohly pohltit 1,2 tun CO_2.“

Úloha 13)

Zadání:

„Železný trůn panovníka Západozemí byl prý ukován Aegonem Targaryenem z tisíce mečů jeho nepřátel, které kdysi porazil při dobývání Západozemí. Kolik obránců Západozemí by musel při svém dobyvačném tažení Aegon Targarynen porazit, aby mohl svůj trůn namísto z jejich mečů vykovat z železa obsaženého v jejich tělech?“

Řešení:

Kolik železa je potřeba na vykování jednoho trůnu.

Tolik, kolik je potřeba na výrobu 1000 mečů.

Kolik železa je potřeba na výrobu jednoho meče?

Asi 1,5 kg. [43]

Kolik kg železa to je dohromady?

Hmotnost železa = počet mečů · hmotnost jednoho meče = (1000 · 1,5) kg = 1500 kg

Kolik železa obsahuje lidské tělo?

Nejvíce železa je v lidském těle obsaženo v krvi, konkrétně asi 100 μg v jednom decilitrů krve, tzn. lidská krev obsahuje 1 g železa v jednom litru. [44]

Kolik krve je v lidském těle?

Průměrný člověk o hmotnosti 70 kg jí má asi 5 litrů. [45]

Kolik litrů krve by bylo potřeba na získání 1500 kg železa?

Objem krve = hmotnost železa na výrobu mečů ÷ hmotnost železa v 1 litru krve = = 1500 kg ÷ 0,005 kg = 300 000 litrů krve

Kolik poražených lidí by k získání takového množství krve bylo potřeba?

Počet poražených lidí = potřebný objem krve ÷ objem krve jednoho člověka = = (300 000 ÷ 5) lidí = 60 tis. lidí

Odpověď:

„Na vykování Železného trůnu ze železa obsaženého v tělech obránců Západozemí by bylo potřeba asi 60 000 lidí.“

Úloha 14)

Zadání:

„Kolik nafukovacích lehátek do vody by nafouklo množství vzduchu vydechnutého třídou středoškoláků, kteří v hodině tělesné výchovy absolvují běh na 400 m?“

Řešení:

Kolik žáků je průměrně v jedné školní třídě?

Průměrně 25 žáků. [35]

Jak dlouho trvá zaběhnout průměrnému žáku trať o délce 400 m?

Asi 2 minuty.

Kolikrát se člověk nadechne a vydechne při běhu za minutu?

Asi 30krát za minutu.

Kolik člověk vydechne vzduchu při jednom výdechu?

Asi 2 litry vzduchu. [51, s. 9]

Kolik vzduchu člověk vydechne za 2 minuty?

Objem vzduchu = množství při jednom výdechu · počet výdechů za minutu · počet minut běhu = (2 · 30 · 2) litrů = 120 litrů vzduchu.

Kolik vzduchu vydechne 25 lidí?

Objem vzduchu vydechnutého 25 žáky = objem vzduchu vydechnutého jedním žákem · počet žáků = (120 · 25) litrů = 3000 litrů vzduchu.

Jaké rozměry má průměrné nafukovací lehátko?

Asi 190 cm · 70 cm · 15 cm. [52]

Jakému se to rovná objemu?

Objem = výška · šířka · hloubka = 1,9 m · 0,7 m · 0,15 m ≈ 0,2 m^3 = 200 litrů vzduchu.

Jaký počet lehátek by se dal nafouknout?

Počet lehátek = objem vzduchu vydechnutého žáky ÷ objem vzduchu jednoho lehátka = (3000 ÷ 200) lehátek ≈ 15 lehátek

Odpověď:

„Množství vzduchu vydechnutého třídou středoškoláků, kteří v hodině tělesné výchovy absolvují běh na 400 metrů, by nafouklo zhruba 15 nafukovacích lehátek.“

Úloha 15)

Zadání:

„Jak dlouho mohlo trvat postavení nejmocnější obléhací zbraně zvané trebuchet při obléhání středověkého hradu?“

Řešení:

Z jakého materiálu je trebuchet a kde lze tento materiál získat?

Převážně ze dřevěných kmenů, které lze získat pokácením stromů v lese.

Kolik bylo potřeba stromů na jeden trebuchet?

Přibližně 14.

Jak dlouho trvá pokácet středověkému dřevorubci se sekerou jeden strom včetně hledání vhodného stromu a dopravení do tábora?

Asi 8 hodin.

Kolik měli středověcí obléhatelé k dispozici dřevorubců v táboře?

Minimálně 14 mužů.

Jak dlouho by se kácely stromy na výrobu trebuchetu?

Počet hodin = (počet stromů ÷ počet dřevorubců) · doba kácení jednoho stromu = = [(14 ÷ 14) · 8] hodin = 8 hodin.

Jak dlouho zabere stromy ohoblovat, naměřit a nařezat na požadované části?

Jestliže se v táboře nachází alespoň jeden tesař, tak alespoň 8 hodin na jeden strom.

Jak dlouho zabere složit a smontovat všechny součásti dohromady?

Pod velením zkušeného mistra stavitele alespoň 24 hodin.

Jak dlouho zabere vyrobit závěs na náboj?

Tato činnost bude prováděna souběžně s tesařskými pracemi.

Jak dlouho zabere seřídit celý trebuchet a namířit jej na požadované místo?

Asi 12 hodin.

Jak dlouho zabere pár zkušebních střel během míření na požadované místo, tedy pár plných nátahů a nabíjení dostatečně velkým kamenem?

Odhadem 4 zkušební nátahy a výstřely zaberou 12 hodin.

Jak dlouho zaberou všechny tyto činnosti?

Celková doba = doba kácení stromů + (doba řezání 1 stromu · počet stromů) + doba skládání fošen + doba míření = [8 + (8 · 14) + 24 + 12 + 12] hodin = 168 hodin.

Kolik to je přibližně dní?

Za předpokladu, že se pracovalo jen za denního světla, tedy nějakých 12 hodin denně, 168 hodin práce by zabralo přibližně (168 ÷ 12) dní ≈ 14 dní.

Odpověď:

„Při obléhání středověkého hradu by trvalo zhruba 14 dní sestavit a plně zprovoznit obléhací zbraň trebuchet."

4.3 Sbírka badatelských úloh

Úloha 1)

Zadání:

„Sestrojte jednoduché vzdušné dělo z pevného plastového těla (např. plastový kelímek) a pružné látky sloužící jako dno. Prozkoumejte sílu takového děla a závislost jeho síly na různých parametrech."

Možné řešení:

V prvotní části musí žáci provést rešerši a zjistit, jak takové dělo vůbec vypadá a na jakém principu funguje. Po nalezení těchto údajů je důležité si rozmyslet, z jakých materiálů bude vlastní dělo vyrobeno. Jako plastové tělo může posloužit například kelímek od jogurtu, plastový kyblík do pískoviště nebo odpadkový koš. Při porovnávání síly vzdušného děla v závislosti na jeho velikosti se budou pravděpodobně hodit všechny tři velikosti, popř. další předměty, které by mohly posloužit jako tělo děla. Pružné dno může být sestrojeno například z gumového balónku nebo z nějaké jiné pružné látky, nejčastěji však z velkého kusu nepříliš tuhé gumy. Posloužit může například obinadlo nebo rozstřižená gumová rukavice. Po důkladné přípravě výrobního materiálu by na řadu mělo přijít samotné sestrojení vzdušného děla o různých velikostech a z různých materiálů. Jako další by mělo být dobře uváženo, jaký předmět poslouží jako cíl, pomocí kterého budeme určovat sílu vzdušného děla. Nejoptimálnějším řešením zdá se materiál o známém objemu a hmotnosti, nejlépe pak předměty o stejném objemu ale různých hmotnostech pro nejlepší porovnání síly výstřelu vzduchu. Poté by bylo vhodné se zamyslet, na kterých parametrech bude záviset rychlost vystřeleného vzduchu a jeho schopnost shodit předměty o různé hmotnosti. Po sestrojení děla a připravení cíle k měření lze přistoupit k experimentálnímu sestřelování materiálu vyrobeným vzdušným dělem a zaznamenávání hodnot pro různé vzdálenosti děla, různou délku a průměr hlavně děla, pro různě pružný materiál sloužící jako dno děla apod. Po proměření těchto hodnot bude vhodné roztřídit naměřené hodnoty do přehledných tabulek a grafů. Z těch pak lze vyvodit závěry a patřičně své výsledky okomentovat.

Úloha 2)

Zadání:

„Navrhněte a sestrojte zabezpečovací zařízení, které upozorní na zloděje v případě otevření dveří nebo okna a otestuj jeho spolehlivost."

Možné řešení:

V první řadě je třeba definovat co je myšleno pod pojmem zabezpečovacího zařízení. Dále je třeba si rozmyslet, na jakém principu by mělo zabezpečovací zařízení fungovat. Nejčastějším řešením asi bude nějaký jednoduchý elektrický obvod s prvky s funkcemi senzoru a alarmu. Na výběr jsou dvě hlavní možnosti upozornění, a to buď zvukové nebo vizuální, popř. jejich kombinace. Dále bude nutné si rozmyslet, jaké elektrické prvky budou potřeba k sestrojení tohoto zařízení. V případě, že bude zvolena zvuková výstraha, nezbytnými prvky budou zdroj napětí, vodiče, nějaký spínač a reproduktor nebo bzučák. Dále bude nezbytné vymyslet, na jakém principu bude fungovat aktivace daného spínače, tedy propojení celého obvodu a tím spuštění zvukové výstrahy připojeného reproduktoru. V případě řešení spínače přerušením optického paprsku, bude třeba do obvodu zapojit zdroj optického záření a optický senzor. V případě, že bude sepnutí obvodu řešeno pouze přerušením určitého elektrického obvodu, například násilným otevřením okna, bude potřeba zapojit prosté vodivé kontakty. Sepnutí obvodu by mohlo být vyřešeno také magnetem a cívkou, jejichž vzájemný pohyb při násilném vniknutí do budovy, způsobí indukci napětí v obvodu, což spustí elektrický bzučák či podobné zařízení. Po sestrojení příslušného obvodu je nutné všechno zdokumentovat a popsat. Poté již lze přistoupit k experimentální části a zkusit optimalizovat obvod takovým způsobem, aby fungoval, tak jak je požadováno. Do tabulky je možné zaznamenat například počet úspěšných odhalení „zloděje“ ze všech pokusů. Také je možné se zaměřit na spotřebu elektrické energie, výdrž fungování obvodu bez potřeby doplnit zdroj energie či závislost úspěšnosti odhalení na různých podmínkách jako je například intenzita osvětlení, vlhkost vzduchu nebo prašnost. Na závěr je vhodné tato získaná data vyhodnotit a posoudit účinnost takovéhoto zařízení a jeho vhodnost k použití v praxi.

Úloha 3)

Zadání:

> „Každá potravina má určitou tepelnou kapacitu, která záleží na jejím složení. Změřte měrné tepelné kapacity pro různé typy potravin a prozkoumej spojitost tepelné kapacity se složením potraviny.“

Možné řešení:

Na počátku experimentu je třeba si ujasnit, co to je tepelná kapacita a jak lze tuto veličinu experimentálně naměřit. Nejsnadnějším způsobem bude změřit množství tepla, které určité množství látky předá vodě. K tomu účelu slouží zařízení zvané kalorimetr. Poté je třeba si rozmyslet, jaké potraviny budou proměřeny s ohledem na to, aby každá potravina měla odlišné složení z hlediska makroživin, tedy různý poměr proteinů, sacharidů, lipidů, vlákniny, popř. vody. Jako zástupce potravin s vysokým obsahem proteinů lze zvolit například kuřecí maso, jako zástupce potravin s vysokým obsahem sacharidů bramboru, jako zástupce potravin s vysokým obsahem lipidů například ořechy, jako zástupce potravin s vysokým obsahem vlákniny kupříkladu fazole, a jako potravina s vysokým obsahem vody může být zvolena např. salátová okurka. Druhů potravin je vhodné zvolit samozřejmě co nejvíce, aby měření mělo nějakou vypovídající hodnotu. Poté již lze přistoupit k samotnému měření, kdy se příslušná potravina ohřeje například v mikrovlnce nebo na elektrickém vařiči. Po určení hmotnosti potraviny ji lze umístit do kalorimetru s přesně daným množstvím vody o známé teplotě. Po dostatečném zamíchání, kdy se teplota již nebude měnit s časem lze výpočtem snadno určit tepelnou kapacitu vloženého předmětu, v našem případě zkoumané potraviny. Takto lze proměřit všechny druhy vybraných potravin a seřadit naměřená data do přehledných tabulek a grafů. Vše je vhodné doplnit fotografiemi aparatury a detailním popisem. Po zpracování naměřených dat je vhodné vyhledat přesné složení měřených potravin a posoudit, zda a jakým způsobem souvisí složení potraviny s její tepelnou kapacitou.

Úloha 4)

Zadání:

> „Rychlost světla lze změřit různými způsoby, nejjednodušeji například pomocí mikrovlnné trouby. Prozkoumejte tuto možnost a navrhněte postup měření.“

Možné řešení:

V úvodu měření je nutná určitá rešerše na toto téma, ze které lze načerpat znalosti, jak tento experiment realizovat. Ze zdrojů na internetu je možné dohledat, že experiment je možné provést s čokoládou umístěnou do mikrovlnné trouby. Je tedy nutné si obstarat mikrovlnnou troubu a několik tabulek kvalitní snadno roztopitelné čokolády. Před provedením experimentu je vhodné si uvědomit, jakou veličinu je potřeba změřit, v tomto případě rychlost světla. Jak je známo, rychlostí světla se šíří veškeré elektromagnetické záření, tedy i mikrovlnné záření, které je generováno provozem mikrovlnné trouby. Rychlost šíření elektromagnetického záření neboli vlnění lze spočítat ze známého vztahu, který říká, že rychlost světla je přímo úměrná vlnové délce daného elektromagnetického vlnění a nepřímo úměrná frekvenci vlnění. Frekvenci vlnění lze buď zjistit dalším samostatných měřením nebo odečíst z dat od výrobce mikrovlnné trouby. Nejlepším řešením by bylo provést obojí a hodnoty porovnat. Poté už lze přejít k vynětí otočného disku z trouby a umístění dostatečného množství čokolády do mikrovlnné trouby, aby byla pokryta téměř celá plocha dna čokoládou. Po spuštění mikrovlnné trouby lze po určitém čase na určitém místě pozorovat místa, kde se čokoláda topí. Toto jsou tzv. kmitny stojatého elektromagnetického vlnění, které v mikrovlnné troubě vzniká, a jejich vzdálenost se rovná polovině vlnové délky záření. Podělením vlnové délky hodnotou frekvence vlnění je možné s určitou přesností vypočítat rychlost elektromagnetického záření, tedy i viditelného světla. Toto měření lze zopakovat několikrát a uvažovat, co může být příčina odchylky od tabelované hodnoty a jak zlepšit přesnost měření. Lze také porovnat výsledek z několika mikrovlnných trub, s několika různými snadno roztopitelnými potravinami a také může být ověřeno, zda má na výsledek nějaký vliv intenzita ohřevu nebo program ohřevu nastavitelný na mikrovlnné troubě. Je nutné si obhájit zjištěný výsledek. Vše by samozřejmě mělo být dokonale popsáno, výsledky přehledně seskupeny do tabulek a průběh pokusu zdokumentován. [53]

Úloha 5)

Zadání:

> „Když naplníme skleněnou nádobu dostatečným množstvím nasycených par těkavé látky jako je například izopropylalkohol, lze v jeho parách pozorovat náhodně se objevující viditelné stopy. Prozkoumejte tyto stopy a vysvětlete jejich původ.“

Možné řešení:

Nejprve je potřeba si ujasnit, na jakém principu funguje skleněná nádoba naplněná nasycenými parami izopropylalkoholu zmíněná v zadání. Po důkladné rešerši je zřejmé, že se jedná o mlžnou komoru schopnou zachytit elektricky nabité částice přilétající k nám z vesmíru jako částice alfa záření, elektrony, pozitrony, protony nebo miony. Po tomto kroku je vhodné si nastudovat správné složení takovéto mlžné komory a sestavit ji podle návodu. Základními prvky bude elektrické vyhřívání komory s chlazeným dnem, kde budou pozvolna kondenzovat páry izopropylalkoholu přiváděného do komory. Těsně nad chlazeným dnem, bude docházet ke kondenzaci par, a tedy se zde bude nacházet nasycená pára izopropylalkoholu, ve které bude možné pozorovat například vhodně umístěnou digitální kamerou různě dlouhé, různě zakřivené a různě intenzivní stopy v mlze izopropylalkoholových par. Tyto stopy nejsou vlastně ničím jiným než shlukem kondenzačních jader, kde dochází vlivem průletu částice k intenzivní kondenzaci izopropylalkoholu. Podle vzhledu stopy v mlze lze identifikovat prolétající částici která ji způsobila. Po nasbíraném dostatečném množství dat je vhodné celou experimentální aparaturu zdokumentovat a popsat. Naměřená data je potřeba roztřídit do přehledných tabulek a grafů, například podle množství zachycených jednotlivých částic v různých podmínkách, například na výšce, ve které je komora umístěna, popř. je možné ji obalit různým matriálem a zjistit, jak tento materiál absorbuje určité částice. Také by bylo zajímavé uvést, proč konkrétní částice způsobují v mlžné komoře stopy o různé délce a tloušťce. Vyvozené závěry je nutné si dobře obhájit a k řešení připojit i fotografie jednotlivých stop v parách izopropylalkoholu. [54]

Závěr

V této práci byly zanalyzovány sbírky úloh, které jsou v současnosti používány ve výuce na středních odborných školách, gymnáziích a středních odborných učilištích. Prozkoumány byly zejména úlohy, které jsou dnes zadávány a řešeny v hodinách fyziky, byl posouzen jejich obsah, forma zadání a metoda řešení, která je po žácích vyžadována k úspěšnému zvládnutí úlohy. Po důkladné analýze bylo zjištěno, že zkoumané sbírky úloh obsahují především tradiční konvergentní úlohy, k jejichž vyřešení stačí pouhá algebraická úprava vztahu a numerické dosazení zadaných hodnot bez hlubšího pochopení fyzikální podstaty problému. Co se týče atraktivity příkladů, nejlepší sbírkou úloh je v tomto ohledu jednoznačně Sbírka úloh z fyziky kolem nás od RNDr. Josefa Nahodila, na druhou stranu k maturitě a k pozdějšímu studiu fyziky žáky nejlépe připraví Fyzika: sbírka úloh pro střední školy od doc. Oldřicha Lepila, CSc.

V práci bylo úspěšně přiblíženo rozdělení tradičních fyzikálních úloh dle různých kritérií a byly rozebrány i možné metody jejich řešení. V kontrastu s nimi byly představeny také netradiční fyzikální úlohy, jmenovitě divergentní úlohy, Fermiho úlohy a badatelské úlohy řešené v rámci soutěže Turnaj mladých fyziků. Ke každé z těchto kategorií bylo vymyšleno dostatečné množství vzorových zadání, která mohou být volně použita učiteli fyziky k výuce na středních školách a k dalšímu rozvoji fyzikálního myšlení nadaných žáků. Ke každému vytvořenému zadání bylo vypracováno dostatečné množství možných řešení, která lze označit za nejvíce vhodné a očekávané odpovědi. Úlohy v každé kategorii byly voleny tak, aby propojovaly mezipředmětové vztahy a k jejich úspěšnému vyřešení bylo zapotřebí nejen vědomostí z ostatních vzdělávacích oborů ale také všeobecný přehled znalostí z běžného života a tzv. selský rozum. Obtížnost úloh byla ve všech případech nastavena na středoškolskou úroveň.

Hlavním cílem této práce bylo sestavit sbírku netradičních fyzikálních úloh včetně autorského řešení, které mohou být využívány ke zpestření výuky fyziky na středních školách a učitelé se jimi mohou inspirovat k vytváření vlastních zajímavých netradičních úloh. Dle mého mínění byl tento cíl úspěšně splněn.

Seznam použitých pramenů

[1] BARTUŠKA, Karel. *Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy II*. Dotisk 2. vydání. Praha: Prometheus, 1997. ISBN 987-80-7196-289-2.

[2] NAHODIL, Josef. *Sbírka úloh z fyziky kolem nás: pro střední školy*. Praha: Prometheus, 2011. ISBN 978-80-7196-409-4.

[3] MIKLASOVÁ, Věra. *Sbírka úloh z fyziky pro SOŠ a SOU*. 2. vyd. Praha: Prometheus, 2009. ISBN 978-80-7196-377-6.

[4] ŽÁK, Vojtěch. *Fyzikální úlohy pro střední školy: sbírka úloh pro přípravu k nové maturitě*. Učebnice pro střední školy (Prometheus). Praha: Prometheus, 2011. ISBN 978-80-7196-411-7.

[5] LEPIL, Oldřich. *Fyzika: sbírka úloh pro střední školy*. 5. vydání. Praha: Prometheus, 2023. ISBN 978-80-7196-567-1.

[6] FUKA, Josef; LEPIL, Oldřich a BEDNAŘÍK, Milan. *Didaktika fyziky*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 1984. ISBN není uvedeno.

[7] SVOBODA, Emanuel a KOLÁŘOVÁ, Růžena. *Didaktika fyziky základní a střední školy: vybrané kapitoly*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1181-3.

[8] KAŠPAR, Emil. *Didaktika fyziky: obecné otázky*. Knižnice metodické literatury. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1978. ISBN není uvedeno.

[9] HOLUBOVÁ, Renata. *Didaktika fyziky: studijní modul*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3296-0.

[10] ŠRAJBLOVÁ, Jana (ed.). *Československý časopis pro fyziku*. 1951-^^^^, roč. 2022, č. 3. Praha: Academia, 1951-^^^^. ISSN 0009-0700.

[11] PAGE, James. *Physics Open-ended Questions: Support Materials*. 2012. Dostupné z: https://studylib.net/doc/13012780/physics-open-ended-questions-supportmaterials?__cf_chl_tk=3WBQ6k3r9g7jR__dMzvzXQ7TqrxgjVviUejg4XeBU5U-1708534421-0.0-5757. [cit. 2024-02-21].

[12] BEDNAŘÍK, Milan a LEPIL, Oldřich. *Netradiční typy fyzikálních úloh*. Praxe učitele matematiky, fyziky, informatiky. Praha: Prometheus, 1995. ISBN 80-85849-70-4.

[13] GUILFORD, Joy Paul. *The nature of human intelligence*. United States of America: McGraw-Hill, 1967. ISBN 978-0070251359.

[14] KRČMÁŘOVÁ, Anna. *Divergentní úlohy*. Online, Diplomová, vedoucí RNDr. Renata Holubová, CSc. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2018. Dostupné z: https://library.upol.cz/arl-upol/cs/csg/?repo=upolrepo&key=62565589517. [cit. 2024-02-21].

[15] JURČOVÁ, Marta. *Didaktika fyziky - rozvíjanie tvorivosti žiakov a študentov*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2001. ISBN 80-223-1614-8.

[16] MEŠKAN, Václav. Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky I.: tvůrčí řešení problémů, pedagogicko-didaktické aspekty rozvoje tvořivosti ve fyzice. Online. *Školská fyzika*. 2013, roč. 2, č. 4, s. 13-18. ISSN 2336-2774. Dostupné z: https://sf.zcu.cz/data/2013/sf2013_04.pdf. [cit. 2024-04-08].

[17] MEŠKAN, Václav. Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky III.: divergentní fyzikální úlohy. Online. *Školská fyzika*. 2014, roč. 3, č. 2, s. 37-42. ISSN 2336-2774. Dostupné z: https://sf.zcu.cz/data/2014/sf2014_02.pdf. [cit. 2024-04-08].

[18] HOLUBOVÁ, Renata. *Fermiho úlohy a mladý vynálezce*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1840-7.

[19] HOLUBOVÁ, Renata. *Fermiho problémy – základní informace*. Online. HOLUBOVÁ, Renata. UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Fermiho úlohy. 2010. Dostupné z: https://exfyz.upol.cz/didaktika/fermi/index.html. [cit. 2024-01-18].

[20] ČESKÝ VÝBOR TURNAJE MLADÝCH FYZIKŮ. *37. ročník Turnaje mladých fyziků (2023/24)*. Online. ČESKÝ VÝBOR TURNAJE MLADÝCH FYZIKŮ. JEDNOTA ČESKÝCH MATEMATIKŮ A FYZIKŮ. Turnaj mladých fyziků, Fyzikální týmová soutěž středoškoláků. [2020]. Dostupné z: https://tmf.fzu.cz/tournament.php?y. [cit. 2024-02-28].

[21] NĚMEC, Hynek (ed.). *Řešení badatelských úloh Turnaje mladých fyziků*. Online. Praha: Národní institut pro další vzdělávání, [2015]. ISBN 978-80-86956-81-7. Dostupné z: https://tmf.fzu.cz/27/pdf/sbornik.pdf. [cit. 2024-04-08].

[22] VYKLICKÝ, Ladislav a VLACHOVÁ, Marie. *Fyziologie svalstva a cirkulace*. Online. In: Fyziologický ústav AV ČR. 2024. Dostupné z: https://www.fgu.cas.cz/vyklicky-vlachova-neuro/study_materials/fyziologie_svalstva_a_cirkulace.pdf. [cit. 2024-03-15].

[23] SUPER ZOO. *Krmivo Versele-Laga Complete pro křečky 500g*. Online. Super zoo. C2010-2024. Dostupné z: https://www.superzoo.cz/krmivo-versele-laga-complete-pro-krecky-500g/. [cit. 2024-03-15].

[24] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Počet obyvatel v obcích Olomouckého kraje k 31. 12. (1990-2022)*. Online. In: Český statistický úřad. 2023. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/11276/17839750/7100_stav.pdf/ed723e14-1c75-444a-a6d4-51867eba9481?version=1.8. [cit. 2024-03-15].

[25] DVOŘÁK, Leoš. *Magnetostatika: permanentní magnety a jejich pole*. Online. In: MFF UK PRAHA. Katedra didaktiky fyziky. 2020. Dostupné z: https://kdf.mff.cuni.cz/vyuka/Fyzika2elmag/ElMag_05_Magnetostatika_ver0.pdf. [cit. 2024-03-15].

[28] EUROSTAT. *Population change - Demographic balance and crude rates at national level*. Online. EUROSTAT. Eurostat. 2023. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/DEMO_GIND__custom_7127262/default/table. [cit. 2024-03-15].

[29] LOVOCHEMIE. *Ledek amonný 27% N – práškové hnojivo*. Online. Lovochemie. 2024. Dostupné z: https://www.lovochemie.cz/produkty/ledek-amonny-27-n-praskove-hnojivo. [cit. 2024-03-15].

[30] TOPINFO. *Složení atmosferického vzduchu*. Online. Tzb-info. C2001-2024. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/74-slozeni-atmosferickeho-vzduchu. [cit. 2024-03-15].

[31] PRAŽSKÉ VODOVODY A KANALIZACE. *Cena vodného a stočného*. Online. Pražské vodovody a kanalizace. 2024. Dostupné z: https://www.pvk.cz/zakaznici/cena/. [cit. 2024-03-15].

[32] PMN - VÝROBA NEREZOVÉHO ZAŘÍZENÍ. *Dvoupákový kávovar CARAVEL II. CV TC*. Online. Pmn nerez. 2024. Dostupné z: https://www.pmn-nerez.cz/2-pakove/26665-dvoupakovy-kavovar-caravel-ii-cv-tc.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwMqvBhCtARIsAIXsZpb534rUQMqg1IjIXjrNCWi_-ZAz00aDIYp-K8_AUNrScyJRg9QKolQaAn-7EALw_wcB. [cit. 2024-03-15].

[33] DOPRAVNÍ PODNIK HL. M. PRAHY. *Pronájem prostor sloužících podnikání*. Online. Dopravní podnik hlavního města Prahy. C2024. Dostupné z: https://www.dpp.cz/spolecnost/sluzby/pronajem-prostor-slouzicich-k-podnikani. [cit. 2024-03-15].

[34] ČESKÉ DRÁHY. *Detail stanice Olomouc hl.n*. Online. České dráhy, národní dopravce. 2016. Dostupné z: https://www.cd.cz/stanice/5434362. [cit. 2024-03-15].

[35] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *České školy v číslech*. Online. Český statistický úřad. [2019]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/stoletistatistiky/ceske-skoly-v-cislech. [cit. 2024-03-15].

[36] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Počet stotisícových měst v Česku se snížil*. Online. Český statistický úřad. [2022]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-stotisicovych-mest-v-cesku-se-snizil. [cit. 2024-03-15].

[37] NOVÁK, Jan. *Výhřevnosti paliv*. Online. Tzb-info. C2001-2024. Dostupné z: https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv. [cit. 2024-03-15].

[38] HLADÍKOVÁ, Martina. *Výroba potravinářských produktů s nízkým podílem laktózy*. Online, Diplomová práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2019. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80523/F2-DP-2019-Hladikova-Martina-FINAL_DP_Martina_Hladikova.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. [cit. 2024-03-15].

[39] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Věková struktura*. Online. Český statistický úřad. 2022. Dostupné z: https://www.czso.cz/staticke/animgraf/cz/index.html?lang=cz. [cit. 2024-03-14].

[40] KOŠINOVÁ, Marie. *Rybník Rožmberk*. Online. Třeboňsko.cz. 2006. Dostupné z: https://www.trebonsko.cz/rybnik-rozmberk. [cit. 2024-03-15].

[41] SMARTWINGS. *Boeing 737 - 800*. Online. Smartwings. C2024. Dostupné z: https://www.smartwings.com/boeing-737-800. [cit. 2024-03-15].

[42] NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. *Astronauts answer students questions*. Online. In: The National Aeronautics and Space Administration. 2011. Dostupné z: https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2017/05/569954main_astronaut20_faq.pdf?emrc=c8f9d3. [cit. 2024-03-15].

[43] KNIFESTOCK.COM. *Magnum Ferrum 05SC648*. Online. Knifestock.com. C2024. Dostupné z: https://www.knifestock.cz/magnum-ferrum-05sc648-p52683. [cit. 2024-03-15].

[44] GERSTEN, Todd. *Serum iron test*. Online. Mount Sinai. 2022. Dostupné z: https://www.mountsinai.org/health-library/tests/serum-iron-test. [cit. 2024-03-15].

[45] GESUNDHEIT.GV.AT. *Krev: základní informace*. Online. Národní zdravotnický informační portál. 2024. Dostupné z: https://www.nzip.cz/clanek/1505-krev-zakladni-informace. [cit. 2024-03-15].

[46] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Obyvatelstvo podle náboženské víry a krajů*. Online. Český statistický úřad. 2022. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=4294&katalog=33525&pvo=SLD210092-KR&pvo=SLD210092-KR. [cit. 2024-03-15].

[47] LUXOR. *Bible*. Online. LUXOR. C2024. Dostupné z: https://www.luxor.cz/v/1564821/bible. [cit. 2024-03-15].

[48] VOIT, Petr. *Biblový papír*. Online. KNIHOVNA AV ČR. Knihověda.cz. C2024. Dostupné z: https://www.encyklopedieknihy.cz/index.php?title=Biblov%C3%BD_pap%C3%ADr. [cit. 2024-03-15].

[49] ALZA.CZ. *Formáty papíru: rozměry a řady přehledně*. Online. Alza.cz. 2020. Dostupné z: https://www.alza.cz/formaty-papiru#a. [cit. 2024-03-15].

[50] DVOŘÁKOVÁ, Markéta. *Každá drobnost se počítá. Staň se s námi ekočtenářem!*. Online. Reknihy. 2021. Dostupné z: https://reknihy.cz/2021/04/kazda-drobnost-se-pocita-stan-se-s-nami-ekoctenarem/. [cit. 2024-03-15].

[51] BERNACIKOVÁ, Martina. *Fyziologie*. Online. Brno: Masarykova univerzita, 2012. ISBN 978-80-210-5845-3. Dostupné z: https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/09.html. [cit. 2024-03-15].

[52] ALZA.CZ. *Intex Lehátko Neon*. Online. Alza.cz. C1994 - 2024. Dostupné z: https://www.alza.cz/hracky/intex-lehatko-neon-d5299242.htm. [cit. 2024-03-15].

[53] ÚSTAV CHEMICKÝCH PROCESŮ AV ČR. *Stanovení rychlosti světla v mikrovlnné troubě*. Online. Ústav chemických procesů AV ČR. C2010-2016. Dostupné z: http://intranet.icpf.cas.cz/cs/rychlost-svetla-mikrovlnka. [cit. 2024-03-15].

[54] VLASÁK, Michal; VAJZER, M. a VÍCHA, J. *Experiment – mlžná komora*. Online. Praha, 2006. Dostupné také z: http://fyzsem.fjfi.cvut.cz/2005-2006/Leto06/proc/komora.pdf.