



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra aplikované fyziky a techniky

Diplomová práce

# Praktické úlohy okresního kola fyzikální olympiády kategorie G

Vypracovala: Bc. Pavla Wegenkittlová

Vedoucí práce: Mgr. Vladimír Vochozka, Ph.D.

České Budějovice 2019

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 11. července 2019

---

## **Poděkování**

V první řadě bych touto cestou chtěla poděkovat Mgr. Vladimírovi Vochozkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a asistenci při pilotáži úloh. Následně bych chtěla poděkovat doc. PaedDr. Jiřímu Vaníčkovi, Ph.D. z katedry informatiky za ochotné vypůjčení ozobotů nezbytně nutných k provedení jedné z úloh. Dále bych chtěla poděkovat vedení škol a učitelům fyziky ze ZŠ a MŠ Bernartice, ZŠ a MŠ Cehnice a ZŠ F. L. Čelakovského Strakonice, kteří mi umožnili pilotáž úloh v hodinách fyziky. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině za technickou, materiální pomoc a podporu nejen při psaní práce, ale během celého mého studia.

## **Anotace**

Práce se zabývá praktickými úlohami okresního kola fyzikální olympiády v kategorii G, tzv. Archimediády, pro okres České Budějovice. Obsah je tvořen sadou praktických úloh, které byly pilotovány na základních školách mimo okres České Budějovice. Jedna z úloh byla vybrána pro verifikaci na účastnících okresního kola fyzikální olympiády kategorie G školního roku 2018/2019. Následně je v práci uvedena analýza vypracovaných žákovských způsobů řešení úloh a výsledků.

Klíčová slova: talentovaní žáci, Archimediáda, okresní kolo fyzikální olympiády, praktické úlohy, laboratorní práce.

## **Abstract**

The diploma thesis deals with practical assignments of the district round of the physics olympiad in category G, so called Archimediáda, for the district of České Budějovice. The content consists of a set of practical assignments having been piloted at primary schools outside the district of České Budějovice. One of the assignments was selected for verification at the participants of the district round of the physics olympiad in category G of the school year 2018/2019. An analysis of the elaborated pupils' ways of solving the assignments and their results follows.

Keywords: talented pupils, Archimediáda, district round of the physics olympiad, practical assignments, laboratory work.

# Obsah

Úvod.....	6
1. Teoretická část .....	8
1. 1. Kurikulární dokumenty .....	8
1. 2. Školní fyzikální pokusy.....	14
1. 3. Péče o talentované žáky .....	15
1. 4. Fyzikální olympiáda.....	16
2. Praktická část .....	18
2. 1. Analýza tematických oblastí .....	18
2. 2. Navržené praktické úlohy.....	21
2. 2. 1. Určování hustoty kapalin pomocí neoznačeného hustoměru.....	21
2. 2. 2. Určování rozměrů lahve od mléka .....	30
2. 2. 3. Určování rychlosti ozobota .....	38
2. 2. 4. Určování hmotnosti svazku klíčů.....	45
Závěr.....	58
Seznam použité literatury .....	59
Přílohy .....	61

# Úvod

Rozvíjet talentované žáky je třeba v každém předmětu, a fyzika toho není výjimkou. O jejich rozvoj by mělo být postaráno jak v hodinách, tak i mimo ně. K dispozici je celá škála zájmových kroužků či mimoškolních akcí, například olympiády. Olympiáda může být pro talentovaného žáka příležitostí setkání se s vrstevníky s podobnými zájmy, poměření sil a možností uplatnění kreativního myšlení.

Fyzikální olympiáda má v České republice dlouholetou tradici, v letošním školním roce (2018/2019) se koná již po šedesáté. Soutěž se pořádá v kategoriích A až G. Kategorie A je určena pro nejstarší žáky (4. ročník středních škol) a kategorie G je určena pro ty nejmladší, žáky sedmých tříd.

Jelikož je důležité podchytit talent již v začátcích, je kategorie G fyzikální olympiády velmi podstatná. Žák se v ní poprvé setká nejen s jinými požadavky na řešení úloh, ale i sám zjistí, jestli se i nadále bude těchto soutěží účastnit. Kategorie G, též nazývaná Archimediáda, se koná ve dvou kolech – školním a okresním. Školní kolo je organizováno celorepublikově. Okresní kolo si organizuje každý okres sám. V Českých Budějovicích má záštitu nad organizací Dům dětí a mládeže, který společně s učiteli již několik ročníků postupuje podle stejného rozvržení. Okresní kolo má podobu tří částí, z nichž jedna je řešení praktické úlohy. A právě návrh praktických úloh okresního kola fyzikální olympiády kategorie G je tématem této diplomové práce.

V teoretické části budou vysvětleny pojmy: rámcový vzdělávací program, školní vzdělávací program a školní fyzikální pokusy. Dále bude diskutována péče o talentované žáky a fyzikální olympiáda.

Praktická část se bude věnovat návrhu nových praktických úloh. Před návrhem možných úloh bude provedena analýza tematických oblastí a učiva, se kterými budou zúčastnění žáci v době konání soutěže již seznámeni. Tomu poslouží rešerše školních vzdělávacích programů vyučovacího předmětu fyzika základních škol a víceletých gymnázií, které se okresního kola fyzikální olympiády kategorie G v průběhu jejího konání v Českobudějovickém okrese zúčastnily.

Po rešerši školních vzdělávacích programů bude následovat samotný návrh praktických úloh, které budou pilotovány na žácích základních škol ležících mimo okres České Budějovice.

U každé úlohy bude uveden její název, krátká anotace a zařazení do tematické oblasti včetně očekávaného výstupu vymezeného Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání. Dále bude u úlohy uvedena důležitá teorie, seznam potřebných pomůcek a ideální postup při jejím řešení. Následovat bude ukázka podoby pracovního listu včetně uvedeného řešení splňující plně bodové ohodnocení. V poslední části budou uvedeny výsledky řešení pilotáže úlohy.

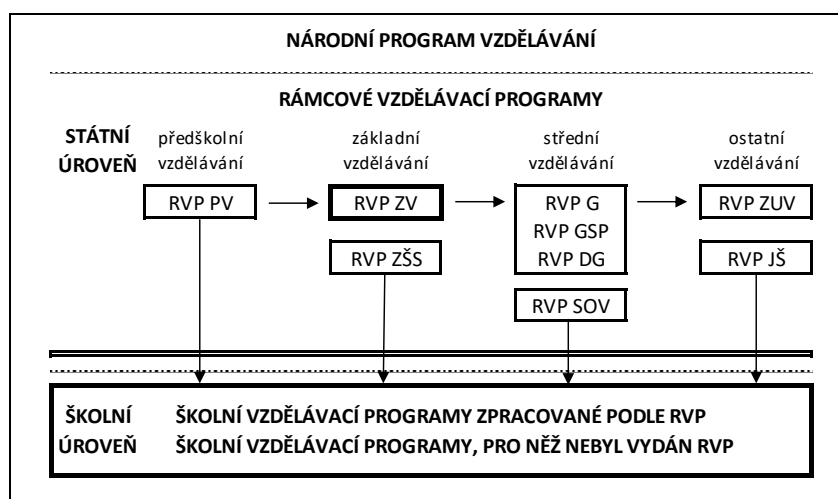
Jedna z navržených úloh bude vybrána pro verifikaci na cílové skupině žáků, tedy na účastnících okresního kola fyzikální olympiády kategorie G školního roku 2018/2019. Jejich výsledky budou následně rozebrány, analyzovány a interpretovány.

# 1. Teoretická část

Následující podkapitoly jsou teoretickými východisky pro praktickou část práce. Vysvětlují pojmy rámcový vzdělávací program, školní vzdělávací program a školní fyzikální pokusy. Dále představují péči o talentované žáky a fyzikální olympiádu.

## 1.1. Kurikulární dokumenty

Na základě zákona č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon), byly v Národním programu rozvoje vzdělávání v České republice (tzv. Bílé knize) zformulovány kurikulární dokumenty<sup>1</sup> pro vzdělávání žáků od 3 do 19 let. Tyto dokumenty jsou vytvářeny na dvou úrovních – státní a školní (Obrázek 1).



Obrázek 1: Systém kurikulárních dokumentů.

<sup>1</sup> Význam zkratk použitých ve schématu (Obrázek 1):

RVP PV – Rámcový vzdělávací program pro předškolní vzdělávání

RVP ZV – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

RVP ZŠS – Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání základní škola speciální

RVP G – Rámcový vzdělávací program pro gymnázia

RVP GSP – Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou

RVP DG – Rámcový vzdělávací program pro dvojjazyčná gymnázia

RVP SOV – Rámcové vzdělávací programy pro střední odborné vzdělávání

RVP ZUV – Rámcový vzdělávací program pro základní umělecké vzdělávání

RVP JŠ – Rámcový vzdělávací program pro jazykové školy s právem státní jazykové zkoušky



Státní úroveň kurikulárních dokumentů představují: Národní program vzdělávání a Rámcové vzdělávací programy (RVP). Zde jsou vymezeny jednotlivé etapy vzdělávání (předškolní, základní a střední vzdělávání).

Školní úroveň kurikulárních dokumentů je zpracována ve Školních vzdělávacích programech (ŠVP), podle nichž se vyučuje na jednotlivých školách. ŠVP si vytváří každá škola samostatně podle zásad uvedených v RVP.

Jak rámcové vzdělávací programy, tak i školní vzdělávací programy jsou veřejné dokumenty, které by měly být volně dostupné k nahlédnutí. [1]

## **Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání**

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV) navazuje svým obsahem na RVP pro předškolní vzdělávání a je východiskem pro RVP středního vzdělávání. RVP ZV vymezuje vzdělávací obsah (očekávané výstupy s doporučenými úpravami v rámci podpůrných opatření a učivo) a také klíčové kompetence, jichž by měli žáci na konci základního vzdělávání dosáhnout. Učivo je strukturováno do tematických celků a je prostředkem pro dosažení očekávaných výstupů. RVP ZV umožňuje propojení vzdělávacích obsahů jednotlivých vzdělávacích oborů, a tak jsou vzdělávací obory s blízkou tematikou spojeny do společné vzdělávací oblasti, která následně obsahuje charakteristiku, cílové zaměření a vzdělávací obsah vzdělávacích oborů. [1]

Fyzika je zařazena do vzdělávací oblasti Člověk a příroda společně s Chemií, Přírodopisem a Zeměpisem, a navazuje na vzdělávací oblast Člověk a jeho svět, která je realizována na 1. stupni základního vzdělávání. Vzdělávací oblast Člověk a příroda se zabývá problémy spojenými se zkoumáním přírody, napomáhá žákům porozumět přírodním faktům a jejich zákonitostem. K tomu jsou důležité dovednosti jako experimentování, soustavné pozorování, měření, vytváření a ověřování hypotéz a také vyvozování adekvátních závěrů. [1]

### **Vzdělávací obsah předmětu fyzika v RVP ZV**

Do konce sedmého ročníku jsou dle zkušenosti autorky obvykle na většině školách probrány následující tematické oblasti. Tento předpoklad bude konfrontován s rešerší ŠVP a případně budou z těchto tematických oblastí vytvořeny návrhy praktických úloh:

#### ***LÁTKY A TĚLESA***

##### **Očekávané výstupy**

žák

***F-9-1-01 změří vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa***

- F-9-1-02** *uvede konkrétní příklady jevů dokazujících, že se částice látek neustále pohybují a vzájemně na sebe působí*
- F-9-1-03** *předpoví, jak se změní délka či objem tělesa při dané změně jeho teploty*
- F-9-1-04** *využívá s porozuměním vztah mezi hustotou, hmotností a objemem při řešení praktických problémů*

**Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:**  
žák

- F-9-1-01p** *změří v jednoduchých konkrétních případech vhodně zvolenými měřidly důležité fyzikální veličiny charakterizující látku a tělesa – délku, hmotnost, čas*

**Učivo**

- měřené veličiny – délka, objem, hmotnost, teplota a její změna, čas
- skupenství látek – souvislost skupenství látek s jejich částicovou stavbou; difúze

## **POHYB TĚLES; SÍLY**

**Očekávané výstupy**

žák

- F-9-2-01** *rozhodne, jaký druh pohybu těleso koná vzhledem k jinému tělesu*
- F-9-2-02** *využívá s porozuměním při řešení problémů a úloh vztah mezi rychlostí, dráhou a časem u rovnoměrného pohybu těles*
- F-9-2-03** *změří velikost působící síly*
- F-9-2-04** *určí v konkrétní jednoduché situaci druhy sil působících na těleso, jejich velikosti, směry a výslednici*
- F-9-2-05** *využívá Newtonovy zákony pro objasňování či předvídání změn pohybu těles při působení stálé výsledné síly v jednoduchých situacích*
- F-9-2-06** *aplikuje poznatky o otáčivých účincích síly při řešení praktických problémů*

**Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:**  
žák

- F-9-2-01p** *rozeznává, že je těleso v klidu, či pohybu vůči jinému tělesu*
- F-9-2-02p** *zná vztah mezi rychlostí, dráhou a časem u rovnoměrného přímočarého pohybu těles při řešení jednoduchých problémů*
- F-9-2-04p** *rozezná, zda na těleso v konkrétní situaci působí síla*
- F-9-2-05p** *předvídá změnu pohybu těles při působení síly*
- F-9-2-06p** *aplikuje poznatky o jednoduchých strojích při řešení jednoduchých praktických problémů*

**Učivo**

- pohyby těles – pohyb rovnoměrný a nerovnoměrný; pohyb přímočarý a křivočarý
- gravitační pole a gravitační síla – přímá úměrnost mezi gravitační silou a hmotností tělesa
- tlaková síla a tlak – vztah mezi tlakovou silou, tlakem a obsahem plochy, na niž síla působí
- třecí síla – smykové tření, ovlivňování velikosti třecí síly v praxi
- výslednice dvou sil stejných a opačných směrů
- Newtonovy zákony – první, druhý (kvalitativně), třetí
- rovnováha na páce a pevné kladce

## **MECHANICKÉ VLASTNOSTI TEKUTIN**

### **Očekávané výstupy**

žák

**F-9-3-01** využívá poznatky o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách pro řešení konkrétních praktických problémů

**F-9-3-02** předpoví z analýzy sil působících na těleso v klidné tekutině chování tělesa v ní

### **Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:**

žák

**F-9-3-01p** využívá poznatky o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách pro řešení jednoduchých praktických problémů

### **Učivo**

- **Pascalův zákon** – hydraulická zařízení
- **hydrostatický a atmosférický tlak** – souvislost mezi hydrostatickým tlakem, hloubkou a hustotou kapaliny; souvislost atmosférického tlaku s některými procesy v atmosféře
- **Archimédův zákon** – vztlaková síla; potápění, vznášení se a plavání těles v klidných tekutinách

Dále se v RVP ZV nachází tematická oblast *Energie*, která je však probírána až ve vyšších ročnících.

## **ENERGIE**

### **Očekávané výstupy**

žák

**F-9-4-01** určí v jednoduchých případech práci vykonanou silou a z ní určí změnu energie tělesa

**F-9-4-02** využívá s porozuměním vztah mezi výkonem, vykonanou prací a časem

**F-9-4-03** využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh

**F-9-4-04** určí v jednoduchých případech teplo přijaté či odevzdané tělesem

**F-9-4-05** zhodnotí výhody a nevýhody využívání různých energetických zdrojů z hlediska vlivu na životní prostředí

### **Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:**

žák

**F-9-4-02p** uvede vzájemný vztah mezi výkonem, vykonanou prací a časem (bez vzorců)

**F-9-4-03p** rozpozná vzájemné přeměny různých forem energie, jejich přenosu a využití

**F-9-4-04p** rozezná v jednoduchých příkladech teplo přijaté či odevzdané tělesem

**F-9-4-05p** pojmenuje výhody a nevýhody využívání různých energetických zdrojů z hlediska vlivu na životní prostředí

### **Učivo**

- **formy energie** – pohybová a polohová energie; vnitřní energie; elektrická energie a výkon; výroba a přenos elektrické energie; jaderná energie, štěpná reakce, jaderný reaktor, jaderná elektrárna; ochrana lidí před radioaktivním zářením
- **přeměny skupenství** – tání a tuhnutí, skupenské teplo tání; vypařování a kapalnění; hlavní faktory ovlivňující vypařování a teplotu varu kapaliny
- **obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie**

Jelikož je zvuk prvním, co vnímáme, začínají na waldorfských školách fyziku tematickou oblastí *Zvukové děje*. Žáci těchto škol se však okresního kola fyzikální olympiády kategorie G v jejím

dosavadním konání v okrese České Budějovice nezúčastnili, proto z této oblasti nemohou být navržené praktické úlohy.

## **ZVUKOVÉ DĚJE**

### **Očekávané výstupy**

žák

*F-9-5-01 rozpozná ve svém okolí zdroje zvuku a kvalitativně analyzuje příhodnost daného prostředí pro šíření zvuku*

*F-9-5-02 posoudí možnosti zmenšování vlivu nadměrného hluku na životní prostředí*

### **Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:**

žák

*F-9-5-01p rozpozná zdroje zvuku, jeho šíření a odraz*

*F-9-5-02p posoudí vliv nadměrného hluku na životní prostředí a zdraví člověka*

### **Učivo**

- **vlastnosti zvuku** – látkové prostředí jako podmínka vzniku šíření zvuku, rychlost šíření zvuku v různých prostředích; odraz zvuku na překážce, ozvěna; pohlcování zvuku; výška zvukového tónu

Následuje oblast, která je velmi abstraktní, *Elektromagnetické a světelné děje*. Určitá část této oblasti je na některých školách probírána již na začátku výuky fyziky, není to však pravidlem. [2]

## **ELEKTROMAGNETICKÉ A SVĚTELNÉ DĚJE**

### **Očekávané výstupy**

žák

*F-9-6-01 sestaví správně podle schématu elektrický obvod a analyzuje správně schéma reálného obvodu*

*F-9-6-02 rozliší stejnosměrný proud od střídavého a změří elektrický proud a napětí*

*F-9-6-03 rozliší vodič, izolant a polovodič na základě analýzy jejich vlastností*

*F-9-6-04 využívá Ohmův zákon pro část obvodu při řešení praktických problémů*

*F-9-6-05 využívá prakticky poznatky o působení magnetického pole na magnet a cívku s proudem a o vlivu změny magnetického pole v okolí cívky na vznik indukovaného napětí v ní*

*F-9-6-06 zapojí správně polovodičovou diodu*

*F-9-6-07 využívá zákona o přímočarém šíření světla ve stejnorodém optickém prostředí a zákona odrazu světla při řešení problémů a úloh*

*F-9-6-08 rozhodne ze znalosti rychlostí světla ve dvou různých prostředích, zda se světlo bude lámat ke kolmici, či od kolmice, a využívá této skutečnosti při analýze průchodu světla čočkami*

### **Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:**

žák

*F-9-6-01p sestaví podle schématu jednoduchý elektrický obvod*

*F-9-6-02p vyjmenuje zdroje elektrického proudu*

*F-9-6-03p rozliší vodiče od izolantů na základě jejich vlastností; zná zásady bezpečnosti při práci s elektrickými přístroji a zařízeními; zná druhy magnetů a jejich praktické využití; rozpozná, zda těleso je, či není zdrojem světla*

*F-9-6-07p zná způsob šíření světla ve stejnorodém optickém prostředí; rozliší spojnou čočku od rozptylky a zná jejich využití*

## Učivo

- **elektrický obvod** – zdroj napětí, spotřebič, spínač
- **elektrické a magnetické pole** – elektrická a magnetická síla; elektrický náboj; tepelné účinky elektrického proudu; elektrický odpor; stejnosměrný elektromotor; transformátor; bezpečné chování při práci s elektrickými přístroji a zařízeními
- **vlastnosti světla** – zdroje světla; rychlost světla ve vakuu a v různých prostředích; stín, zatmění Slunce a Měsíce; zobrazení lomem tenkou spojkou a rozptylkou (kvalitativně); rozklad bílého světla hranolem

Poslední tematickou oblastí uvedenou v RVP ZV je *Vesmír* s těmito očekávanými výstupy a učivem:

### **VESMÍR**

#### **Očekávané výstupy**

žák

**F-9-7-01** *objasní (kvalitativně) pomocí poznatků o gravitačních silách pohyb planet kolem Slunce a měsíců planet kolem planet*

**F-9-7-02** *odliší hvězdu od planety na základě jejich vlastností*

#### **Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:**

žák

**F-9-7-01p** *objasní pohyb planety Země kolem Slunce a pohyb Měsíce kolem Země*

**F-9-7-02** *odliší hvězdu od planety na základě jejich vlastností*

- *zná planety sluneční soustavy a jejich postavení vzhledem ke Slunci*

- *osvojí si základní vědomosti o Zemi jako vesmírném tělese a jejím postavení ve vesmíru*

## Učivo

- **sluneční soustava** – její hlavní složky; měsíční fáze
- **hvězdy** – jejich složení

## **Školní vzdělávací program**

Školní vzdělávací program (ŠVP) si vytváří každá škola individuálně na základě doporučení a ustanovení v RVP. ŠVP vydává ředitel, který jeho podobu konzultuje se školskou radou. ŠVP obsahuje tyto náležitosti: identifikační údaje školy, charakteristiku školy, charakteristiku ŠVP, učební plán, učební osnovy a hodnocení výsledků vzdělávání žáků. [1]

Díky charakteristice ŠVP se mohou různé základní školy od sebe odlišit, a to v rámci zaměření školy. V RVP není přesně ustanoveno, kdy a v jaké hodinové dotaci se má daný vzdělávací obsah odučit. Uvádí se pouze očekávané výstupy a učivo. Je v režii školy, jak je naplní. Školy se díky tomu mohou profilovat se zaměřením na matematiku, na přírodní vědy, nebo třeba na sport. Na základě této profilace se mohou následně rodiče rozhodnout, kam svého potomka přihlásí – která základní škola bude nejlépe korespondovat s jeho zájmy.

## 1. 2. Školní fyzikální pokusy

Fyzikální pokus (nebo též experiment) je vědecká poznávací metoda ke zkoumání fyzikálních dějů. Při této metodě se upravují podmínky tak, aby se pokus mohl za stejných podmínek opakovat či částečně obměňovat.

Školní fyzikální pokusy jsou důležitou součástí hodin fyziky. Jejich pomocí může učitel své žáky motivovat k dané problematice, nebo si žáci díky nim mohou ověřit fyzikální zákony. Můžeme říci, že fyzikální pokusy lze klasifikovat podle různého zaměření, provedení, logické povahy a didaktické funkce. [3]

1) Podle zaměření můžeme pokusy rozdělit na demonstrační pokusy prováděné učitelem a na žákovské pokusy.

- **Demonstrační pokus** – jeho hlavním znakem je skutečnost, že se všichni žáci soustředí v téže době na průběh jediného pokusu, který provádí učitel (nebo učitel za asistence některého žáka).
- **Žákovský pokus** – při tomto druhu pokusu je žák mnohem více zapojen do řešení úlohy. Pokus provádí žák podle instrukcí učitele, podle návodu, či podle vlastního návrhu schváleného učitelem. Žákovské pokusy dále dělíme dle způsobu organizace na individuální (pokus, který provádí jeden žák), frontální (pokus, který provádějí všichni žáci současně, buď samostatně, nebo ve dvojicích), skupinové (žáci pracují ve skupinách po 3 až 5, každá skupina může provádět dílčí část pokusu) a laboratorní úlohy (uskutečňují se v samostatných hodinách, žáci pracují ve skupinách svým vlastním tempem a závěrem musí vytvořit protokol o provedení laboratorní úlohy).

2) Podle provedení dělíme pokusy na reálné a modelové.

- **Reálný pokus** – předvádí přímo zkoumaný jev.
- **Modelový pokus** – používá se u jevů těžko proveditelných ve školním prostředí. Místo skutečného jevu předvádí jeho imitaci.

3) Podle logické povahy rozlišujeme pokusy kvalitativní a kvantitativní.

- **Kvalitativní pokus** – ukazuje existenci fyzikálního jevu.
- **Kvantitativní pokus** – při tomto druhu pokusu se provádí měření, které by mělo vést k vyvození matematických vztahů mezi zkoumanými fyzikálními veličinami.

4) Podle didaktické funkce rozdělujeme pokusy na heuristické, ověřovací, motivující učivo, ilustrační, uvádějící fyzikální problém, aplikační, historické, opakující a prohlubující a kontrolní.

- Pokusy heuristické – žáci objevují pro ně neznámé fyzikální poznatky.
- Pokusy ověřovací – za jejich pomoci ověříme dogmaticky získanou teorii.
- Pokusy motivující učivo – jejich hlavním úkolem je, aby žáci získali zájem o nové téma, proto jsou uváděny na začátku tématu.
- Pokusy ilustrační – ukazují průběh fyzikálního děje.
- Pokusy uvádějící fyzikální problém – navozují problémovou situaci, kterou se žáci snaží odhalit.
- Pokusy aplikační – ukazují využití fyziky v praxi.
- Pokusy historické – tyto pokusy mají buď historickou hodnotu (díky nim byl objeven nějaký fyzikální zákon), nebo znamenaly v historii fyziky výrazný pokrok.
- Pokusy opakující a prohlubující učivo – tyto pokusy byly už provedeny např. při úvodu dané tematiky, ale jsou ukázány znovu. Po získání znalostí je pohled na pokus jiný a může dopomoci k fixaci nové látky.
- Pokusy kontrolní – mají za úkol ověřit porozumění pokusu, provedení pokusu a vyhodnocení pokusu. Zároveň ověřují i manuální a experimentální zdatnost.

### 1. 3. Péče o talentované žáky

Zájem odborníků o talentované či nadané děti se zjevil na počátku 20. století. Do té doby se o nadání mluvilo ve spojitosti s dospělými jedinci. Mezi první psychology, kteří se začali zabírat otázkou podpory talentovaných dětí, patří L. M. Terman a L. S. Hollingworthová ze Spojených států amerických. Oba měli k tomuto tématu jiný postoj. Zatímco L. M. Terman se zajímal o popis nadání, L. S. Hollingworthová se zaměřovala na způsob vzdělávání talentovaných dětí. Právě L. S. Hollingworthová přišla s myšlenkou nezbytnosti používání více kritérií při hledání nadaných žáků, jelikož individuální test inteligence nestačí. Do Evropy se téma vzdělávání nadaných dostalo až ve druhé polovině 20. století. Zpočátku byl upírán zájem k podpoře talentů v oblastech sportu a umění, později i k ostatním. [4]

Mnoho odborníků se domnívá, že na počátku vzniku talentu stojí vloh, se kterými se rodíme. Na základě jejich rozvíjení vznikají schopnosti jedince, o kterých podle míry rozvinutí, za pomoci učení a výchovy, můžeme mluvit jako o talentu. Talent můžeme chápat jako „nadání“ v jedné oblasti, např. ve fyzice, zatímco pojem nadání se užívá při „nadání“ ve více oblastech, např. v přírodních vědách jako celku. Mezi pojmy talent a nadání jsou i další rozdíly, třeba podle výsledků testů inteligence, avšak v této práci budou tyto pojmy brány jako synonyma. [4]

Nadání se u dítěte dá pozorovat již během prvních dvou let věku. U dětí je patrný rychlý vývoj řeči, brzké sezení a chození, jsou zvědavé. Obvykle ještě před nástupem do školy umí číst a počítat. [4] K věcem, které je zajímají, si sami vyhledávají informace, nebo se na ně ptají dospělých, a tím si rozšiřují znalosti oprati svým vrstevníkům. Právě tuto skutečnost by měl podchytit učitel a dbát na její rozvíjení a prohlubování. Pro opravdu nadané děti existuje mnoho možností změn ve vzdělávání, ať už je to individuální vzdělávací plán, přeskočení ročníku, či navštěvování vyučovacích hodin předmětu s vyššími ročníky.

O talentované žáky můžeme pečovat i beze změn ve vzdělávání. Můžou to být třeba zájmové kroužky, individuální konzultace či mimoškolní akce. Mezi mimoškolní akce patří olympiády z různých předmětů, jakožto i z fyziky. Olympiáda může být pro talentované dítě výzvou a možností uplatnění jeho kreativních myšlenek a neobvyklých nápadů. Také je to příležitost pro poměření schopností s ostatními vrstevníky, ať už na školní úrovni, okresní, krajské, celorepublikové, či mezinárodní.

## 1. 4. Fyzikální olympiáda

Olympiády jsou ideální mimoškolní akce pro talentované žáky. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT) každoročně organizuje několik různých olympiád. Z přírodovědných oborů se jedná např. o olympiády: matematickou, fyzikální, chemickou, či biologickou. Dále MŠMT organizuje i jazykové olympiády, a to jak z mateřského českého, tak i např. z anglického, německého nebo francouzského jazyka. Soutěží se na několika úrovních, některé olympiády jsou dokonce zakončeny úrovní mezinárodní.

Fyzikální olympiáda je organizována již zmíněným MŠMT společně ve spolupráci s Jednotou českých matematiků a fyziků. První fyzikální olympiáda se konala v roce 1959, a jelikož se jedná o každoroční akci a žádný ročník nebyl vynechán, letošní ročník (ročník 2018/2019) je již šedesátý.

Soutěž je pořádána v kategoriích A až G. Kategorie A (4. ročník), B (3. ročník), C (2. ročník) a D (1. ročník) jsou určeny pro studenty středních škol. Každá z těchto kategorií má školní a krajské kolo. Kategorie A má jako jediná i celostátní kolo, jehož nejúspěšnější řešitelé jsou vysláni na kolo mezinárodní. Není nutností, aby se dané kategorie účastnil student jen toho daného ročníku. Může se jí účastnit i student z nižšího ročníku. [5]

Na základních školách se setkáváme s kategoriemi E až G. Kategorie E je určena pro 9. třídu, F pro 8. třídu a G pro 7. třídu. Všechny tyto kategorie mají školní a okresní kolo, kategorie E má navíc i kolo krajské. [5]



Tématem této diplomové práce je fyzikální olympiáda kategorie G, nazývaná Archimediáda. V jejím prvním kole (školním) je úkolem žáků vyřešit 5 úloh, z nichž je jedna úloha experimentální. Řešení těchto úloh opravují učitelé fyziky, kteří následně nejlepší řešitele doporučí k účasti na okresním kole. Okresní kolo nemá přesně danou podobu, každý okres si ho vytváří sám. V Českobudějovickém okrese je toto kolo organizováno Domovem dětí a mládeže a má tři části. První dvě části ověřují teoretické znalosti účastníků. Jedna z nich formou slovních úloh, a druhá pomocí pracovního listu. Třetí část má podobu řešení praktické úlohy. Návrh budoucích praktických úloh okresního kola fyzikální olympiády kategorie G je hlavním bodem této práce. [6]

## 2. Praktická část

Praktická část se skládá ze dvou kapitol. Analýza tematických oblastí určí oblasti vhodné pro tvorbu praktických úloh. Následná kapitola uvede sadu navržených úloh včetně pracovních listů, obrazové dokumentace a seznamu potřebných pomůcek.

### 2.1. Analýza tematických oblastí

Před samotným navržením praktických úloh okresního kola fyzikální olympiády kategorie G bylo nejprve zapotřebí zjistit společné tematické oblasti fyziky probrané ke konci sedmého ročníku napříč školami, aby nebyly někteří žáci znevýhodněni. Probrané společné tematické oblasti fyziky byly zjištěny pomocí řešerše ŠVP vyučovacího předmětu fyzika na školách, které se zúčastnily Archimediády v průběhu jejího konání v okrese České Budějovice. Ze zákona nemají školy povinnost uveřejnit ŠVP na svých webových stránkách, proto musely být některé z nich kontaktovány či dokonce osobně navštíveny, aby jejich ŠVP mohlo být následně srovnáno s ostatními.

Přehled základních škol a víceletých gymnázií, které se od školního roku 2009/2010 zúčastnily fyzikální olympiády kategorie G, společně s počtem účastníků shrnuje Tabulka 1.

škola	školní rok								
	2017/2018	2016/2017	2015/2016	2014/2015	2013/2014	2012/2013	2011/2012	2010/2011	2009/2010
Biskupské gymnázium J.N.N.	0	0	0	2	1	2	0		0
Církevní ZŠ, Rudolfovska 23, ČB	0	0	0	0	1	2	0		1
České Reálné Gymnázium	0	3	0	0	0	0	0		0
Česko-anglické gymnázium	0	0	0	0	0	1	0		0
Gymn. Česká a Olymp. nadějí Č.B.	0	0	0	0	0	3	0		0
Gymnázium Česká	5	6	0	2	0	0	0		0
Gymnázium J. V. Jirsíka	8	1	13	9	10	7	11		6
Gymnázium Jirovcova	9	4	15	15	10	9	10		3
Gymnázium Trhové Sviny	1	3	5	0	0	2	2		5
ZŠ a MŠ Lišov	0	0	2	0	0	0	1		0
ZŠ a ZUŠ Bezdrevská	1	0	0	0	0	7	0		3
ZŠ Máj I	0	0	0	0	0	1	0		2
ZŠ Nerudova 9	5	0	0	0	0	0	0		4
ZŠ Pohůrecká 16 Č. Budějovice	0	0	0	0	2	1	0		0
celkem zúčastněných žáků	29	17	35	28	24	35	24	0	24

Tabulka 1: Přehled zúčastněných škol a počtu zúčastněných žáků.[7]

Ve školním roce 2010/2011 se Archimediáda pro nízký počet přihlášených žáků nekonala.

Z výše uvedené tabulky je patrné, že Archimediády se v průběhu jejího konání zúčastnilo čtrnáct škol, avšak Gymnázium Česká se přejmenovalo na Gymnázium Česká a Olympijských nadějí, tudíž zúčastněných škol je třináct. U těchto škol byl zajištěn školní vzdělávací program, který byl porovnán s ostatními školami a učivem uvedeným v RVP ZV (Tabulka 2).

učivo z tematických oblastí RVP	Biskupské gymnázium J. N. Neumanna a Církevní základní škola	Česko-anglické gymnázium s.r.o.	České reálné gymnázium s.r.o.	Církevní Základní škola, Rudolfovská 23	Gymnázium J. V. Jirsíka, České Budějovice, Fráni Šrámka 23	Gymnázium, České Budějovice, Česká 64	Gymnázium, České Budějovice, Jirovcova 8	Gymnázium, Trhové Sviny, Školní 995	Základní škola a Materská škola Lišov	Základní škola a základní umělecká škola, Bezdravská 3, České Budějovice	Základní škola Máj I, M. Chlapna 21, České Budějovice	Základní škola, Nerubova 9, České Budějovice	Základní škola, Pohřtecká 16, České Budějovice
měřené veličiny	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
skupenství látek	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
pohyby těles	ano		ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
gravitační pole a gravitační síla	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
tlaková síla a tlak			ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
třecí síla		ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
výslednice dvou sil stejných a opačných směrů		ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Newtonovy zákony		ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
rovnováha na páce a pevné kladce		ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Pascalův zákon			ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
hydrostatický a atmosférický tlak			ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Archimédův zákon			ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
formy energie													
přeměny skupenství													
obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie													
vlastnosti zvuku													
elektrický obvod	ano			ano	ano	ano	ano	ano		ano		ano	ano
elektrické a magnetické pole	ano				ano	ano	ano	ano		ano		ano	ano
vlastnosti světla			ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
sluneční soustava													
hvězdy													

Tabulka 2: Srovnání ŠVP zúčastněných škol. [7]

Jedenáct ze třinácti škol má téměř identické ŠVP, liší se pouze u učiva elektrického obvodu a elektrického a magnetického pole. Zbylé dvě školy, Biskupské gymnázium a Česko-anglické gymnázium, se v ŠVP liší více. Žáci těchto škol se však Archimediády za poslední tři roky nezúčastnili, proto na ŠVP Biskupského gymnázia a Česko-anglického gymnázia není při návrhu úloh brán zřetel.

Společné tematické oblasti vhodné pro praktickou úlohu okresního kola fyzikální olympiády kategorie G jsou: *Látky a tělesa, Pohyb těles; síly a Mechanické vlastnosti tekutin*. [1]

### **Pilotáž úloh na základních školách**

Pilotáž úloh probíhala na třech základních školách – ZŠ a MŠ Bernartice, ZŠ a MŠ Celnice a ZŠ F. L. Čelakovského Strakonice. Všechny tři základní školy leží mimo Českobudějovický okres. Není tedy možné, aby se někdo ze žáků z pilotáže následně přihlásil na Archimediádu do Českých Budějovic a úlohu předem znal.

## 2. 2. Navržené praktické úlohy

### 2. 2. 1. Určování hustoty kapalin pomocí neoznačeného hustoměru

Úloha je založena na aplikaci Archimedova zákona. Za pomoci neoznačeného hustoměru, vody (jejíž hustota je známá) a lihu (jehož hustota je uvedena v popisku) mají žáci za úkol zjistit hustotu slunečnicového oleje a octa.

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání zařazuje učivo *Archimedova zákona* do tematického celku *Mechanické vlastnosti tekutin*. Očekávaný výstup je poté: *žák využívá poznatky o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách pro řešení konkrétních praktických problémů*. [1]

#### Teorie

##### Archimedův zákon

„*Těleso ponořené do kapaliny je „nadlehčováno“ vztlakovou silou, která se svou velikostí rovná tíze kapaliny vytlačené tělesem*.“. [9] Stejně těleso je nadlehčováno jinak velkou vztlakovou silou v závislosti na rozdílné hustotě kapalin. Bude-li tímto tělesem hustoměr, ať už laboratorní se stupnicí, či jen jeho neoznačený model, můžeme takto určit hustotu kapaliny.

##### Hustoměr

Hustoměr je skleněná trubice tvaru baňky s vystupující stopkou. Dolní část je rozšířená a zatížená například olovenými kuličkami. Na její horní části je umístěna stupnice udávající naměřenou hustotu kapaliny. V úloze je použit jeho zjednodušený model vyrobený z propisovací tužky.

##### Hustota vody

V učivu o fyzikálních veličinách jsou žáci seznámeni s tím, že voda má hustotu  $1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . [9] Této hodnotě se voda nejvíce přibližuje při teplotě  $4\text{ }^\circ\text{C}$ , přesněji  $3,98\text{ }^\circ\text{C}$  za běžného tlaku díky anomálii vody. [9] V úloze se pracuje s vodou pokojové teploty, je tedy vhodné před začátkem žákovského měření změřit hustotu vody laboratorním hustoměrem a s výslednou odchylkou od hodnoty  $1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  přepočítat možné výsledky řešení úlohy.

## Hustota lihu

Další důležitá hodnota potřebná pro vyřešení úlohy je hodnota hustoty lihu. Na lahvi je od výrobce uvedena hustota v rozmezí  $0,80\text{--}0,82 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ . I zde je důležité určit přesnou hodnotu za pomoci hustoměru.

## Pomůcky

### Model hustoměru

Žáci dostanou, mimo jiné, k dispozici model hustoměru (Obrázek 2) vyrobený z propisovací tužky.



Obrázek 2: Hustoměr.

Jedná se o jednorázovou plastovou modrou propisku (Obrázek 3), která je k dostání v balení po dvanácti kusech za cenu 40,65 Kč (10. 6. 2019). [10]



Obrázek 3: Jednorázová plastová modrá propiska.

Z propisky je vyndána náplň, sundáno víčko a do konce se závitem je vlepeno pomocí tavné pistole zatížení, přesněji čtyři diabolky a jedna matice M2 (Obrázek 4). Poslední úprava propisky na hustoměr obnáší zatěsnění otvorů tavnou pistolí proti případnému vniknutí kapaliny. Jde o oba konce propisky a přechod modré části na průhlednou.

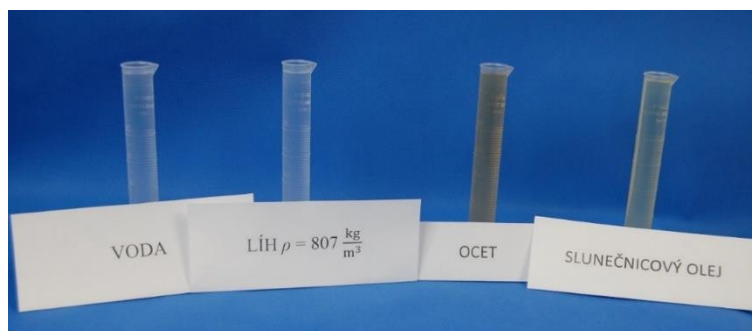


Obrázek 4: Materiál na výrobu hustoměru.

### Plastové odměrné válce s kapalinami

Zkoumané kapaliny jsou rozlité do čtyř odměrných válců. Z důvodu bezpečnosti a jednodušší manipulace jsou zvoleny plastové odměrné válce. Rozměry válců byly voleny s ohledem na velikost vytvořeného hustoměru, aby se i v případě úplného ponoření nedotýkal hustoměr dna. Kvůli snadnému vyjmutí hustoměru z tekutiny by měl mít odměrný válec dostatečný průměr. Těmto požadavkům vyhovuje odměrný válec o objemu 50 ml, průměru 25,5 mm a výšce 199 mm. Například u firmy Verkon jeden válec stojí 62 Kč (11. 6. 2019) [11].

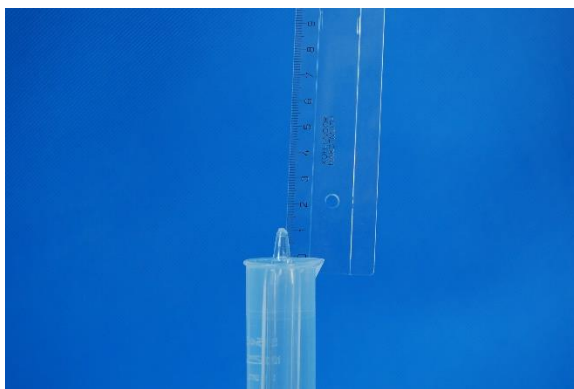
K předejetí záměny kapalin jsou odměrné válce doplněny popiskami. U lihu je navíc uvedena jeho hustota (Obrázek 5).



Obrázek 5: Obdržené kapaliny.

### Pravítko

Pro naměření části hustoměru, která zůstává nad či pod volnou hladinou, je v úloze k dispozici průhledné pravítko. Pravítko je zvolené průhledné proto, aby hustoměr a stupnice pravítka mohly být v jedné rovině a z pravítka se dala odečíst hodnota (Obrázek 6).



Obrázek 6: Měření části hustoměru nad volnou hladinou.

## Kalkulačka

Kalkulačka je žákům nabídnuta jako pomůcka pro zjednodušení výpočtů.

## Papírové ubrousky či kuchyňské utěrky

Papírové ubrousky či kuchyňské utěrky poslouží řešitelům nejen v případě vylití kapalin, ale především pro očištění hustoměru před vložením do další kapaliny. Bez očištění by se kapaliny mohly navzájem smísit, a tím pádem dojde ke změně celkové hustoty měřené látky.

## Nadbytečné pomůcky

Mimo již zmíněných pomůcek, kterých žáci využijí při řešení úlohy, jsou jim k dispozici i nadbytečné pomůcky, které jim v úloze nikterak nepomůžou. Například: *provázek, brčko, balonek, kancelářské sponky a olovnice*.

## Postup

Postup řešení úlohy začíná vložením hustoměru do kapalin a naměřením jeho části nad nebo pod volnou hladinou. Ideální pořadí pro vkládání hustoměru je líh, voda, ocet a slunečnicový olej. Pořadí je zvoleno takto, aby se hustoměr čistil co nejlépe. Je velmi důležité hustoměr po vyjmutí z kapaliny řádně očistit, aby nedošlo ke smísení kapalin. K této skutečnosti žáci nejsou vyzváni a je to případným námětem do jejich diskuze.

Žák získá například tyto hodnoty naměřených částí hustoměru nad volnou hladinou:  $h_{\text{líh}} = 14$  mm,  $h_{\text{voda}} = 41$  mm,  $h_{\text{ocet}} = 42$  mm,  $h_{\text{olej}} = 29$  mm. Dále pracuje s tím, že hustota vody je  $\rho_{\text{voda}} = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  a hustota lihu je  $\rho_{\text{líh}} = 807 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Z naměřených hodnot se získá rozdíl mezi vyčnívající částí hustoměru ve vodě a v lihu

$$\Delta h = h_{\text{voda}} - h_{\text{líh}}, \quad (1)$$



v našem případě  $\Delta h = 41 \text{ mm} - 14 \text{ mm} = 27 \text{ mm}$ . K vytvoření stupnice dále potřebujeme znát rozdíl hodnot hustot mezi vodou a lihem

$$\Delta\rho = \rho_{\text{voda}} - \rho_{\text{lih}}, \quad (2)$$

v našem případě  $\Delta\rho = 1\,000 - 807 = 193 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Tím jsme zjistili, že na vzdálenosti 27 mm se hodnota hustoty změní o  $193 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Pomocí trojčlenky určíme, o kolik se změní hodnota hustoty na 1 mm. Vyjde nám, že o  $7,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Teď už stačí určit, o kolik milimetrů vyčnívá hustoměr více při měření octa oproti vodě a toliknásobek čísla 7,15 přičíst k hodnotě hustoty vody. Po zaokrouhlení vyjde hustota octa  $\rho_{\text{oct}} = 1\,007 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . To samé uděláme se slunečnicovým olejem a lihem, přičemž nám po zaokrouhlení vyjde hustota slunečnicového oleje  $\rho_{\text{olej}} = 914 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Na závěr žák seřadí kapaliny podle hodnot jejich hustot, buď vzestupně, či sestupně. Vzestupně je pořadí kapalin následující: *lih, slunečnicový olej, voda a ocet*.

## Pracovní list

K řešení úlohy mají žáci k dispozici pracovní list – zjednodušený laboratorní protokol. Zjednodušený protokol byl zvolen proto, aby nebyli znevýhodněni ti, kteří nejsou zvyklí pracovat na laboratorních úlohách a provádět jejich zápis, a například neopomenuli nějakou část.

Úvodní pasáž slouží k identifikaci žáka, a především k zadání úkolu experimentální úlohy (Obrázek 7).

jméno a příjmení:	škola:	čas zahájení:
Archimediáda – praktická část		
<b>Úkol:</b> Za pomoci obdržených pomůcek urči <b>hustotu slunečnicového oleje a hustotu octa</b> .		

Obrázek 7: Zadání úkolu experimentální úlohy.

První bodovaná část úlohy je vypsání pomůcek. V pravé části je poznámka, aby žák vypsál všechny pomůcky, které použil při měření (Obrázek 8). Úloha svojí náročností vede k získání sebejistoty.

Pokud žák nepřijde na řešení či vybere nevhodný postup, stále má možnost získat alespoň jednobodové hodnocení.

<b>Pomůcky (1 b):</b>	vypiš všechny pomůcky, které jsi použil/a při měření
.....	
.....	
.....	

Obrázek 8: Prostor pro vypsání pomůcek.

K získání plného bodového hodnocení je zapotřebí vypsát všechny důležité pomůcky použité při měření. Konečný výčet bez závislosti na pořadí je: *hustoměr, odměrné válce s kapalinami, pravítko a kuchyňské utěrky.*

Za sepsání postupu měření mohou žáci získat největší počet bodů (Obrázek 9).

<b>Postup (2 b):</b>	stručně popiš svůj pracovní postup měření
1) .....	
2) .....	
3) .....	
.....	

Obrázek 9: Postup řešení úlohy.

Řadové číslice na začátku řádků by měly žáka navést k vypsání kroků svého postupu řešení úlohy. Ty by mohly být:

- 1) *Vložím hustoměr do odměrného válce s lihem a po jeho ustálení změřím délku jeho vyčnívající části a hodnotu zapíši.*
- 2) *Hustoměr otřu a vložím ho do vody a opět změřím vyčnívající část a zapíši.*
- 3) *Tak pokračuji i u zbylých kapalin.*
- 4) *Vytvořím stupnici hustoměru (viz naměřené hodnoty, výpočty a výsledek).*
- 5) *Určím hustotu slunečnicového oleje a octa.*
- 6) *Seřadím kapaliny podle velikosti hustoty.*

Na postup navazuje nákres (Obrázek 10).

<b>Nákres (1 b):</b>	co nejjednodušeji zakresli způsob měření
.....	
.....	
.....	

Obrázek 10: Prostor pro nákres měření.

Stejně jako u pomůcek se jedná o jednoduše získaný jeden bod. Hodnocení se neopírá o kvalitu nákresu, ale na zachycení podstaty měření. Ideální nákres obsahuje čtyři popsání odměrné válce s hustoměry a pravítkem ukazujícím naměřenou část pod nebo nad volnou hladinou.

V další části získávají žáci prostor pro zapsání naměřených hodnot, výpočtů a výsledků (Obrázek 11).

<b>Naměřené hodnoty, výpočty a výsledek (3 b):</b>	<b>zapiš naměřené hodnoty, vztah pro výpočet, řešení a výsledek</b>
--	---

Obrázek 11: Prostor pro zapsání naměřených hodnot, výpočtů a výsledků.

Tříbodové hodnocení obdrží ti žáci, kteří zapíšou čtyři naměřené hodnoty vyčnívající či potopených částí hustoměru, pomocí trojčlenky vytvoří stupnici a dopočítají se k výsledným hodnotám hustot slunečnicového oleje a octa. Každý z těchto kroků je po jednom bodu.

Další bod mohou žáci získat po seřazení kapalin podle velikosti hustoty (Obrázek 12).

<b>Pořadí kapalin podle velikosti hustoty (1 b):</b>	<b>seřaď kapaliny podle velikosti hustoty, buď vzestupně, či sestupně</b>
--	---

Obrázek 12: Seřazení kapalin podle velikosti hustoty.

Poslední bodovanou částí úlohy je diskuze, která je důležitou součástí každého fyzikálního měření. Žákům je v komentáři napovězeno, co do takové diskuze patří (Obrázek 13).

<b>Diskuze (2 b):</b>	<b>okomentuj přesnost a chyby v měření</b>
<hr/> <hr/> <hr/>	

Obrázek 13: Oblast pro sepsání nepřesností vstupujících do měření.

Příklady možných odpovědí: *voda nemá hustotu přesně  $1\,000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Při pohledu na pravítko pod jiným, než kolmým úhlem dochází k nepřesnému odečtení hodnoty. Pravítko měří s přesností na 1 mm. Nepřesnost způsobená třesoucí se rukou. Kapilární deprese či elevace znemožňuje přesné měření hladiny.*

Celkové bodové ohodnocení úlohy je deset bodů. Pokud si žák není jistý postupem, či ho žádný nenapadá, může si zažádat o radu. Jedna rada je rovna bodové srážce jednoho bodu (Obrázek 14).

získaný počet bodů:	bodová srážka za nápovědu:	výsledný počet bodů:
---------------------	----------------------------	----------------------

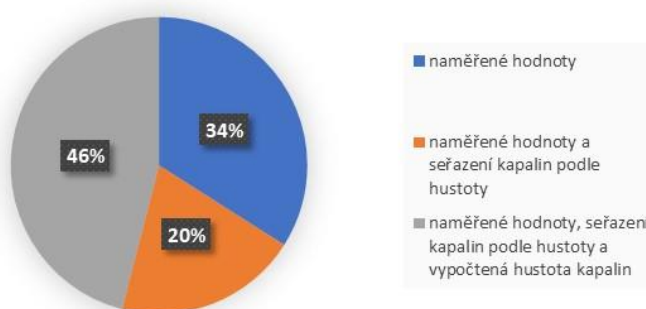
Obrázek 14: Poslední část pracovního listu – výčet získaných bodů, bodová srážka za nápovědu a výsledný počet bodů.

Úplná podoba pracovního listu včetně ukázky řešení je uvedena v příloze diplomové práce (Příloha 1).

## Výsledky řešení pilotáže úlohy

Úloha byla pilotována na dvou školách mimo Českobudějovický okres. Celkem se pilotáže zúčastnilo 50 žáků ze sedmých, osmých a devátých ročníků. Procentuální zastoupení dosažených úrovní řešení shrnuje Graf 1.

**Procentuální zastoupení dosažené úrovně řešení úlohy**



Graf 1: Procentuální zastoupení dosažené úrovně řešení u úlohy měření hustoty areometrem.

Z grafu je patrné, že 34 % žáků zapsalo pouze naměřené hodnoty. 20 % žáků dokázalo k naměřeným hodnotám délky, potopené či nepotopené části hustoměru, navíc seřadit kapaliny podle hustoty (vzestupně či sestupně). 46 % zúčastněných žáků určilo hledané hodnoty hustot pro slunečnicový olej a ocet. Lze tedy konstatovat, že více než 50 % řešitelů nezvládlo hlavní úkol – naměření hustot. Ti, kteří se v postupu řešení dostali k určení hustot, lze dále dělit na úspěšné a neúspěšné řešitele. Úspěšnými se stalo 57 % žáků, neúspěšnými 43 % žáků.

Z hlediska získaného konečného počtu bodů lze na pilotování úlohy nahlížet přes histogram četnostní (Graf 2).



*Graf 2: Histogram výsledného počtu bodů získaných v úloze.*

Na histogramu můžeme pozorovat rozložení výsledného počtu bodů. Žádný z řešitelů nezůstal na nulovém bodovém ohodnocení, bohužel ani nedosáhl plného počtu bodů. Největší četnosti dosáhli žáci v pětibodovém ohodnocení.

### **Závěr**

Úlohu správně vyřešilo 13 z 50 žáků základních škol, tedy 26 %. Je možné konstatovat, že úloha není triviální, ale zároveň je řešitelná žáky bez vyššího zájmu o fyziku. Obtížnost je dostatečná pro využití v okresním kole fyzikální olympiády kategorie G.

## 2. 2. 2. Určování rozměrů lahve od mléka

První veličinou, se kterou žáci přicházejí ve fyzice do kontaktu, bývá délka. [13] Právě na aplikaci určování délky, a tudíž i rozměrů těles, je postavena úloha *Určování rozměrů lahve od mléka*. Řešitelé obdrží lahev, u které je definováno, že její výška včetně víčka je 24 cm. Úkolem je určit průměr hrdla lahve a její obvod ve vyznačené části, aniž by použili pravítko se stupnicí či jiné měřidlo délky.

Úloha patří do tematického celku *Látky a tělesa* vymezeného Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání. Očekávaným výstupem je: *žák změří vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa* [1]

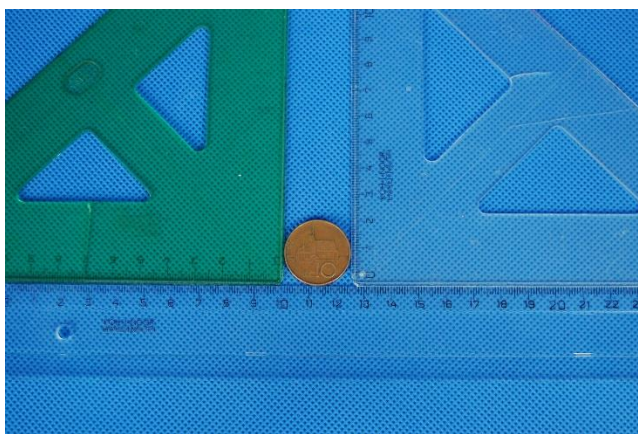
### Teorie

#### Jednotka délky

Základní jednotkou délky je metr (m). Jeho definice zní: „*Jeden metr je délka trajektorie, kterou proběhne světlo ve vakuu za 1/299 792 458 sekundy.*“. [12] Dále se používají díly či násobky metru, například v úloze užívaný centimetr (cm). Jeden centimetr je roven setině metru ( $1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$ ).

#### Měření délky

Pro měření rovné délky používáme pravítko či metr (skládací, svinovací, či například krejčovský). Chceme-li změřit průměr nějakého tělesa, použijeme posuvné měřítko. Pokud není k dispozici posuvné měřítko, můžeme ho nahradit dvěma pravoúhlými trojúhelníky a pravítkem (Obrázek 15).

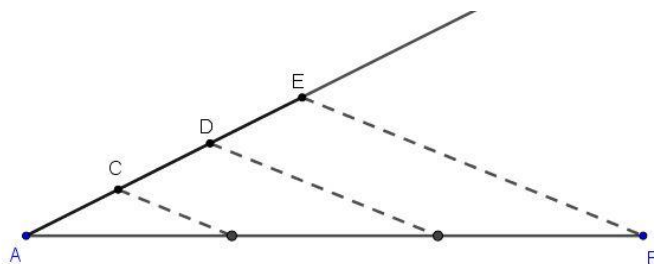


Obrázek 15: Měření průměru bez posuvného měřítka.

Při měření obvodu si pomůžeme provázkem či proužkem papíru. Trajektorii obvodu obkroužíme provázkem (či proužkem papíru), v místě dotyku uděláme rysku a následně provázek přiložíme k pravítku, na němž určíme délku obvodu. [13]

## Dělení úseček

Úsečka se dá dělit dvěma způsoby. Za pomoci kružítka a hledání středu úsečky, nebo za pomoci dělení úsečky v daném poměru. Pokud máme úsečku  $AB$  rozdělit například v poměru 2:1, dělíme ji na tři části. Z bodu  $A$  vedeme libovolnou polopřímku, na níž nanese na sebe navazující stejně velké úsečky ( $AC$ ,  $CD$ ,  $DE$ ) libovolné délky. Bod  $E$  spojíme s bodem  $B$ , čímž vznikne úsečka, ke které narýsujeme rovnoběžky procházející body  $D$  a  $C$ . Tyto rovnoběžky protínají úsečku  $AB$  a dělí ji na tři stejně velké části (Obrázek 16).



Obrázek 16: Dělení úsečky  $AB$  na tři stejně velké části.

## Pomůcky

### Lahev od mléka

Celá úloha je postavena na rozměrech lahve od mléka (Obrázek 17). Jedná se o plastovou lahev od čerstvého plnotučného mléka privátní značky obchodu Kaufland s pořizovací cenou 18,90 Kč (červen 2019).



Obrázek 17: Použitá lahev od čerstvého plnotučného mléka.

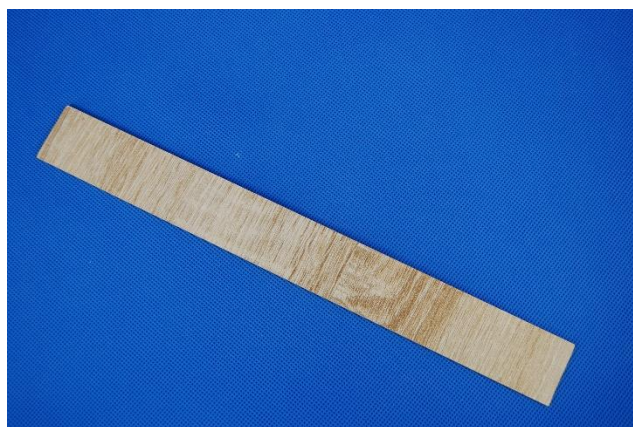
Na lahvi je fixem vyznačen okruh, u kterého je úkolem určit obvod. Vyznačení se nachází v prvním záhybu od dna lahve. Záhyb byl vybrán účelně, a to pro jednodušší určení obvodu. Vyznačenou část si žáci změří provázkem, který díky záhybu drží ve stejné výšce po celém obvodu. Nevznikají tak nepřesnosti v měření spojené se sklouzáváním provázku po plastové lahvi.

### **Provázek a kružítko**

Dalšími pomůckami, které žáci obdrží, jsou provázek a kružítko. U provázku je důležité, aby měl co největší modul pružnosti v tahu, tudíž se nenatahoval. Kružítko je k dispozici pro případné dělení úsečky za pomoci hledání jejího středu, nebo pro nanesení stejně dlouhých vzdáleností.

### **Laťka**

K přenesení velikosti výšky lahve na papír a k sestavení dlouhých úseček je za potřeby pracovat s pravítkem bez stupnice. Možným řešením je laťka ze sololitu, uříznutá na délku 30 cm (Obrázek 18).



*Obrázek 18: Sololitová laťka.*

Laťka by na sobě neměla mít žádné pravidelně se opakující označení, které by mohlo žákům napomoci při určování rozměrů lahve.

### **Trojúhelníky**

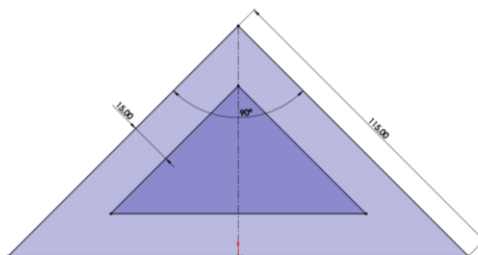
Trojúhelníky se dají použít ke dvěma dílčím krokům úlohy. Při měření průměru hrdla lahve a při dělení úsečky v daném poměru (pro rýsování rovnoběžek). Trojúhelníky by neměly mít stupnici ze stejného důvodu jako laťka. Nelze tedy použít běžný rýsovací trojúhelník. Proto jsou k úloze vytvořeny trojúhelníky na 3D tiskárně. Jedná se o pravoúhlé rovnoramenné trojúhelníky o rozměrech: přepona  $c = 162,63$  mm a odvěsny  $a, b = 115,00$  mm (Obrázek 19).





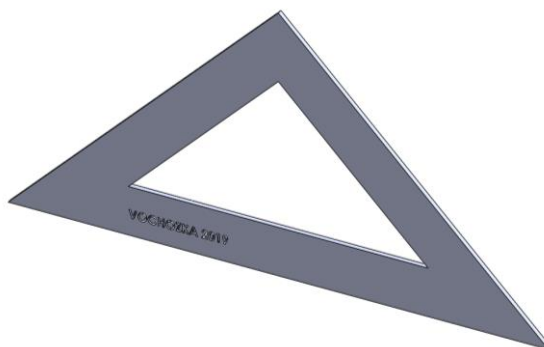
Obrázek 19: Trojúhelník bez stupnice vytvořený na 3D tiskárně.

3D model trojúhelníku je vytvořen ve strojírenském 3D CAD softwaru SolidWorks (2018) pro platformu Microsoft Windows. Rozměry skici pravoúhlého trojúhelníku jsou naznačeny v následujícím obrázku (Obrázek 20).



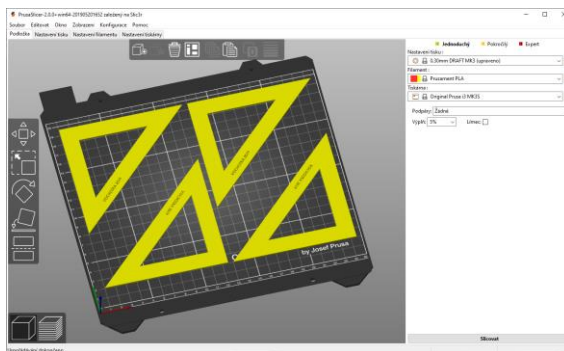
Obrázek 20: Skica pravoúhlého trojúhelníku.

Vytažení do prostoru je provedeno příkazem *Přidat vysunutím* o hloubce  $h = 1,5$  mm (Obrázek 21).



Obrázek 21: Prostorový model trojúhelníku.

Z CAD softwaru SolidWorks je model exportován do formátu stereolithography (STL) a následně připravován pro tisk v programu PrusaSlicer (2.0.0) (Obrázek 22).



Obrázek 22: Nastavení programu pro současný tisk čtyř kopií.

Tvar modelu je pro tisk triviální. Tloušťka modelu neumožňuje při průměru trysky  $d_{\text{tryska}} = 0,40$  mm a výšce tisknuté vrstvy  $h_{\text{vrstva}} = 0,30$  mm nastavit hustotu vnitřní výplně (infill). Po všech nastaveních je vyexportován G-kód soubor, podle kterého probíhá tisk. K tisku je použit polylactic acid (PLA) filament, tisková struna, o průměru  $d_{\text{filament}} = 1,75$  mm v 3D tiskárně Prusa i3 MK3S.

### Nadbytečné pomůcky

Mimo již jmenovaných pomůcek získají žáci k dispozici i pomůcky, které jim při řešení úlohy nepomůžou. Například: *5N siloměr, modelína, injekční stříkačka a stopky.*

### Postup

Prvním krokem postupu řešení úlohy je přenesení velikosti výšky lahve na papír. Rozměr lahve může být přímo nanesen na papír, nebo přenesen pomocí přiložené laťky. Na papíře vznikne úsečka délky 24 cm.

Dále je třeba z této úsečky vytvořit stupnici, tedy vyznačit na ní pravidelné stejně veliké intervaly. To je možné udělat dvojím způsobem. Buďto postupným dělením úsečky na poloviny (hledáním středu úsečky), čímž žák postupně získá rozměry 12 cm; 6 cm; 9 cm; 3 cm; 1,5 cm; 4,5 cm atd. Druhá část úsečky mezi označením 12 cm a 24 cm není potřeba k hledaným rozměrům rozdělovat. Jiným způsobem je dělení úsečky v daném poměru. Úsečka má délku 24 cm, je tedy třeba ji rozdělit na 24 stejných částí. K nanesení stejně dlouhých úseček na pomocnou polopřímku může žák využít kružítko.

Žák vytvoří měřidlo délky, pomocí něhož může změřit hledané rozměry lahve od mléka. Při hledání průměru hrdla si pomůže dvěma pravoúhlými trojúhelníky a obvod změří pomocí provázku. Při použití uvedeného postupu či jiné alternativy lze naměřit, že hledaný průměr hrdla  $d = 3,75$  cm a obvod ve vyznačené části  $o = 25,5$  cm.

## Pracovní list

Pracovní list je vytvořen podobně jako u předchozí úlohy, proto jsou níže uvedeny obrázky pouze jeho odlišných částí.

Úvodní pasáž pracovního listu slouží k identifikaci žáka a k zadání úkolu experimentální úlohy (Obrázek 23).

jméno a příjmení:	škola:	čas zahájení:
Archimediáda – praktická část		
<b>Úkol:</b> Výška lahve i s víčkem je 24 cm. Za pomoci obdržených pomůcek určete:		
a) průměr hrdla lahve $d$ ,		
b) obvod lahve $o$ ve vyznačeném místě.		

Obrázek 23: Zadání úkolu experimentální úlohy.

Stejně jako u předchozí úlohy, i zde je první bodovanou částí vypsání použitých pomůcek. K získání prvního bodu je zapotřebí vypsát všechny tyto pomůcky: *lahve, laťka, trojúhelníky, provázek a kružítko*.

Po pomůckách opět následuje dvoubodový postup, který by měl obsahovat tyto kroky:

- 1) *Na papír si vyznačím velikost výšky lahve.*
- 2) *Z úsečky dlouhé 24 cm si vytvořím stupnici.*
- 3) *Změřím průměr hrdla lahve.*
- 4) *Provázek obtočím obvod lahve, poté změřím délku provázku.*

Mezi řešeními se může objevit i jiný originální způsob vytváření stupnice, a to například pomocí půlení provázku. Tento způsob však není dostatečně přesný a dochází kvůli němu k výrazným odchylkám ve výsledných hodnotách.

Další částí úlohy je zapsání výsledků, které je ohodnocené dvěma body (Obrázek 24).

<b>Výsledek (2 b):</b>	zapiš zjištěnou hodnotu průměru hrdla lahve $d$ a obvodu $o$ ve vyznačené části
------------------------	--

Obrázek 24: Místo pro uvedení výsledků.

Jako správné řešení jsou pro průměr hrdla lahve  $d$  uznány hodnoty od 3,5 cm do 4 cm, pro obvod  $o$  ve vyznačené části hodnoty od 24,5 cm do 26,5 cm.

Následuje diskuze, která je opět hodnocena dvěma body. V ní se může objevit například: *provázek není absolutně tuhý, dochází k jeho natažení. Dělení úsečky není úplně přesné. Přesnost měření závisí na vytvořené stupnici.*

Celá druhá strana pracovního listu je určena pro pomocné nákresy, výpočty apod., které mají největší bodové ohodnocení, a to tři body (Obrázek 25).

**Pomocné nákresy, výpočty apod. (3 b):**

Obrázek 25: Prostor pro vytvoření stupnice.

Měla by se zde být vytvořená stupnice a na ní vyznačené hledané rozměry lahve.

Závěrečná pasáž protokolu slouží k informování o získaném a strženém počtu bodů.

Celková podoba pracovního listu je uvedena v příloze, kde je také ukázka řešení úlohy *Určování rozměrů lahve od mléka* (Příloha 2).

## Výsledky řešení pilotáže úlohy

Úloha byla pilotována na dvou základních školách a celkem se jí zúčastnilo 35 žáků ze sedmých, osmých a devátých tříd. 69 % řešitelů bylo úspěšných a uvedlo výsledné rozměry lahve, které se vešly do tolerance. Zbýlých 31 % řešitelů se buď nevešlo do tolerance, nebo neuvedlo žádné rozměry.

Četnost konečného počtu získaných bodů uvádí histogram (Graf 3).



Graf 3: Histogram výsledného počtu bodů získaných v úloze.

Z histogramu lze vyčíst, že nejčastěji žáci dosáhli tříbodového hodnocení. Je to tím, že obvykle uvedli hledané rozměry lahve, avšak zbytek pracovního listu vyplnili jen ledabyle. Žádný z řešitelů nedosáhl plného bodového ohodnocení, ani nezůstal na nule.

## **Závěr**

Správně úlohu vyřešilo 24 z 35 žáků základních škol. Lze tedy říci, že úloha není triviální ani neřešitelná pro žáky základních škol. Její obtížnost je dostatečná pro použití v okresním kole fyzikální olympiády kategorie G.

## 2. 2. 3. Určování rychlosti ozobota

Úloha pracuje se znalostí závislosti ujeté dráhy na čase, tedy s rychlostí. Úkolem je určit průměrnou rychlost ozobota na vyznačené dráze a sestrojít graf závislosti jeho ujeté dráhy na čase.

Rychlost je v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání zařazena do tematického celku *Pohyb těles; síly* a očekávaným výstupem žáka je, že *využívá s porozuměním při řešení problémů a úloh vztah mezi rychlostí, dráhou a časem u rovnoměrného pohybu těles.* [1]

### Teorie

#### Měření zakřivené dráhy

Pro měření přímočaré dráhy se používá pravítko či metr. Je-li trajektorie nějak zakřivena, okopírujeme její tvar pomocí provázku, který pak po natažení změříme.

#### Měření času

Nejlepší pomůckou pro měření času jsou stopky. Jejich přesnost je na nich přímo uvedena, avšak měření je především zatíženo nepřesností toho, kdo je ovládá. Každý člověk reaguje jinak rychle, a tak vznikají různě odchytky při stejném měření. [13] Reakční doba je vhodným tématem do diskuze na závěr úlohy.

#### Průměrná rychlost

*Průměrnou rychlost pohybu tělesa určíme, jestliže celkovou dráhu dělíme celkovým časem:*

$$v_p = \frac{s}{t}, \quad (3)$$

kde  $s$  je celková dráha a  $t$  je celkový čas. [14]

#### Grafické znázornění dráhy pohybu – graf závislosti dráhy na čase

Při konstrukci grafu musí být dodržena určitá pravidla [14]:

- Na vodorovnou osu se nanáší čas, na svislou osu dráha.
- Je třeba si předem rozmyslet vhodné měřítko, aby byl graf dostatečně čitelný a vešel se do určené oblasti.
- Každý graf musí mít název a popis os, aby bylo zřejmé, co znázorňuje. K popisu os patří značka veličiny, která je na ose nanesena, a značka jednotky.
- Nejprve se sestrojují jednotlivé body grafu, které se následně spojí úsečkami.

## Pomůcky

### Ozobot

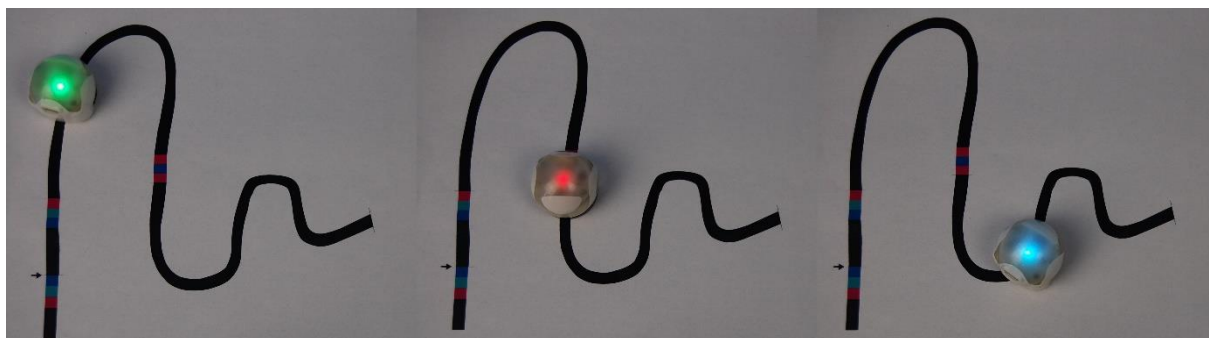
Hlavní pomůckou úlohy je ozobot (Obrázek 26).



Obrázek 26: Ozobot.

Jedná se o malého robota, který dokáže číst barevný kód nakreslený na papíře a podle toho se chová. K pilotáži úlohy byly vypůjčeny z katedry informatiky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity, jinak se dají pořídit například u firmy CZC.cz, kde jeden ozobot stojí 1 549 Kč (16. 6. 2019). [15]

Ozobot je do úloh o pohybu vhodnou pomůckou. Pohybuje se na základě toho, jaká se mu nakreslí trajektorie. Podle zadaných barevných kódů může část dráhy jet nižší rychlostí, pak vyšší rychlostí či úplně zastavit. Po projetí kódu změní ozobot barvu vydávaného světla, čímž dá signál, že mění svou rychlost (Obrázek 27).

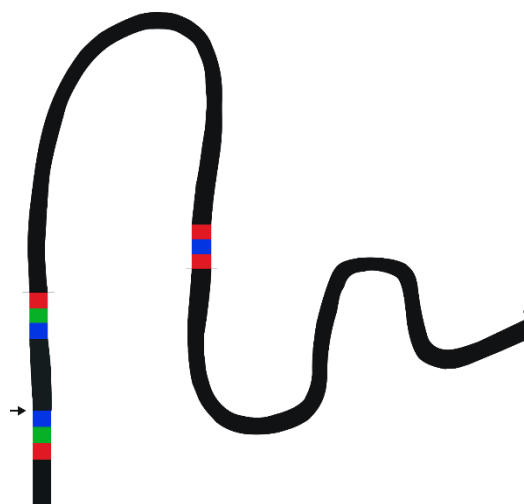


Obrázek 27: Ozobot měnící barevné světlo.

Před vlastní pilotáží byli ozoboti otestováni pomocí programu Tracker (5.0.7), jestli se na vyznačené dráze pohybují podobnou rychlostí. Byly sledány mírné odchylky mezi jednotlivými ozoboty, avšak tyto odchylky nejsou změřitelné za pomoci stopek. Větší nepřesnost měření nastává z důvodu různé reakční doby řešitelů.

### Vyznačená dráha pro ozobota

Další pomůckou, kterou žáci obdrží, je dráha pro ozobota. V ní je šipkou označen začátek měření a konec každého úseku (Obrázek 28).



Obrázek 28: Vyznačená dráha pro ozobota.

Barevné kódy jsou voleny tak, aby na každém úseku jel ozobot jinou rychlostí a v jedné části se zastavil.

### Stopky

Protože úkolem úlohy je určit průměrnou rychlost ozobota, je zapotřebí změřit dobu, po kterou se pohybuje. K tomu jsou mezi pomůckami k dispozici mechanické stopky s uvedenou přesností 0,2 s (Obrázek 29).



Obrázek 29: Stopky.

### Pravítko, krejčovský metr a provázek

Další veličina potřebná pro určení průměrné rychlosti je velikost uražené trajektorie, tedy dráha. Jelikož se jedná o pohyb křivočarý, je nezbytné změřit její délku pomocí provázku. Ke změření délky nataženého provázku jsou mezi pomůcky přiloženy pravítko a krejčovský metr.

### Kalkulačka

Kalkulačka je řešitelům nabídnuta pro usnadnění výpočtů.



## Milimetrový papír

Druhým dílčím úkolem úlohy je vytvořit graf závislosti ujeté dráhy ozobota na čase. K tomu je řešiteli poskytnut milimetrový papír.

## Nadbytečné pomůcky

Mimo výše uvedených pomůcek získají žáci k dispozici ještě některé pomůcky, které v úloze nevyužijí. Například: *izolepa*, 10g *závaží*, *brčko* a *kružítko*.

## Postup

Jednotlivé kroky postupu se mohou lišit, na pořadí nezáleží. Jeden z možných postupů je následující.

Nejprve žák změří za pomoci provázku jednotlivé úseky dráhy a naměřené hodnoty zapíše. Například obdrží hodnoty:  $s_1 = 3,8$  cm;  $s_2 = 20,0$  cm;  $s_3 = 0,0$  cm;  $s_4 = 22,7$  cm. Celková dráha je rovna součtu drah jednotlivých úseků

$$s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4. \quad (4)$$

V našem případě je celková dráha rovna  $s = 3,8 + 20,0 + 0,0 + 22,7 = 46,5$  cm.

Dále je třeba změřit čas ozobota strávený na jednotlivých úsecích:  $t_1 = 1,9$  s;  $t_2 = 3,0$  s;  $t_3 = 3,0$  s;  $t_4 = 7,3$  s. Celkový čas je poté roven součtu časů z jednotlivých úseků

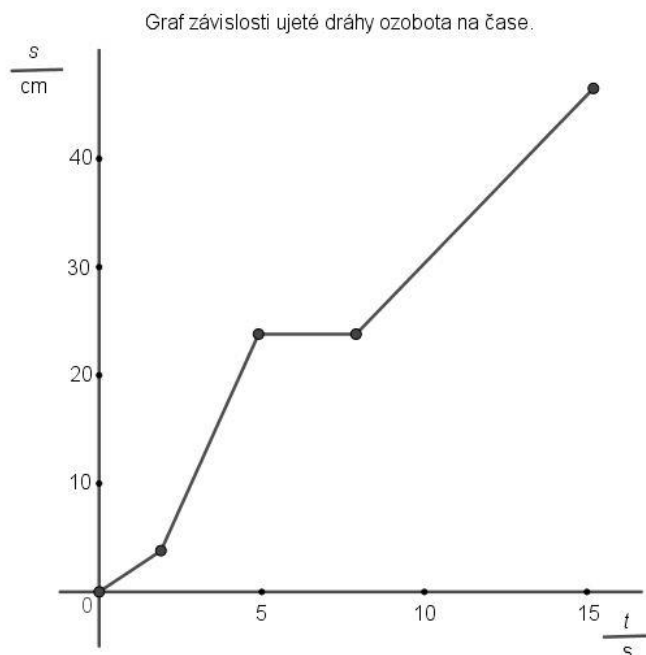
$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (5)$$

v našem případě  $t = 1,9 + 3,0 + 3,0 + 7,3 = 15,2$  s.

Hledaná průměrná rychlost ozobota je rovna celkové dráze za celkový čas:

$$v_p = \frac{s}{t} = \frac{46,5}{15,2} = 3,06 \frac{\text{cm}}{\text{s}}.$$

Posledním krokem je sestrojení grafu závislosti ujeté dráhy ozobota na čase na přiložený milimetrový papír. Vzhled výsledného grafu udává Graf 4.



Graf 4: Graf závislosti ujeté dráhy ozobota na čase.

## Pracovní list

Pracovní list je vytvořen podobně jako u úlohy *Určování hustoty kapalin pomocí neoznačeného hustoměru*, proto jsou níže uvedeny obrázky pouze jeho odlišných částí.

Jako u předchozích úloh, i zde slouží první pasáž úlohy k identifikaci žáka a zadání úkolu experimentální úlohy (Obrázek 30).

jméno a příjmení:	škola:	čas zahájení:
<b>Archimediáda – praktická část</b>		
<b>Úkol:</b> Za pomoci obdržených pomůcek <b>určí průměrnou rychlost</b> $v_p$ ozobota na vyznačené dráze. <b>Sestroj graf</b> závislosti jeho ujeté <b>dráhy na čase</b> .		
Poznámka: Dráhu i čas začni měřit po projetí prvním kódem (místo označené šipkou).		

Obrázek 30: Zadání úkolu experimentální úlohy.

První bodovanou částí je vypsání pomůcek. Pro získání plného bodového ohodnocení je třeba vypsát tyto pomůcky: *ozobota, dráha, provázek, pravítka (či krejčovský metr), stopky a kalkulačka*.

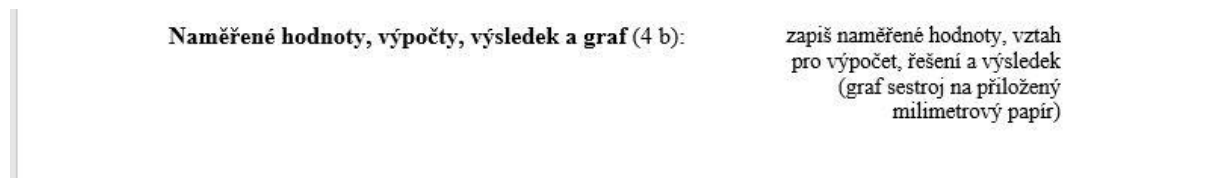
Následuje postup, který je ohodnocen dvěma body. Měl by obsahovat kroky:

- 1) *Změřím velikosti jednotlivých úseků dráhy pomocí provázku a pravítka a hodnoty zapíši.*
- 2) *Několikrát pustím ozobota a postupně změřím čas na jednotlivých úsecích dráhy.*

- 3) *Určím průměrnou rychlost ozobota.*
- 4) *Vytvořím graf závislosti ujeté dráhy ozobota na čase.*

Další částí pracovního listu je nákres za jeden bod. Na něm by měla být zachycena trajektorie s vyznačenými úseky, u kterých mohou být uvedeny i jejich délky a časy.

Následuje prostor pro vypsání naměřených hodnot, výpočtů a výsledků (Obrázek 31).



Obrázek 31: Naměřené hodnoty, výpočty, výsledek a graf – část úlohy ohodnocená nejvyšším počtem bodů.

Do této části patří i vytvoření grafu na přiložený milimetrový papír. Dohromady je možné získat čtyři body.

Poslední bodovaná pasáž je diskuze ohodnocena dvěma body. Může se v ní objevit například: *vyznačená dráha je celkem široká – při měření její délky záleží na umístění provázku. Provázek není absolutně tuhý, může se natáhnout. Reakční doba zapnutí stopek může mít vliv na naměřené hodnoty. Pohyb ozobota není rovnoměrný. Stopky měří s přesností 0,2 s. Pravítko měří s přesností 1 mm.*

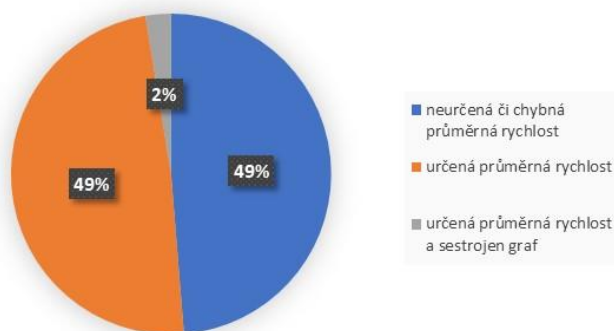
Závěr pracovního listu patří informacím o získaném počtu bodů, o stržených bodech a výsledném bodovém ohodnocení.

Plná podoba pracovního listu, dráhy ozobota a ukázka řešení úlohy včetně sestrojeného grafu jsou uvedeny v příloze (Příloha 3).

## Výsledky řešení pilotáže úlohy

Pilotáže se zúčastnilo 39 žáků sedmých, osmých a devátých tříd ze dvou základních škol nacházejících se mimo okres České Budějovice. Jejich úspěšnost uvádí Graf 5.

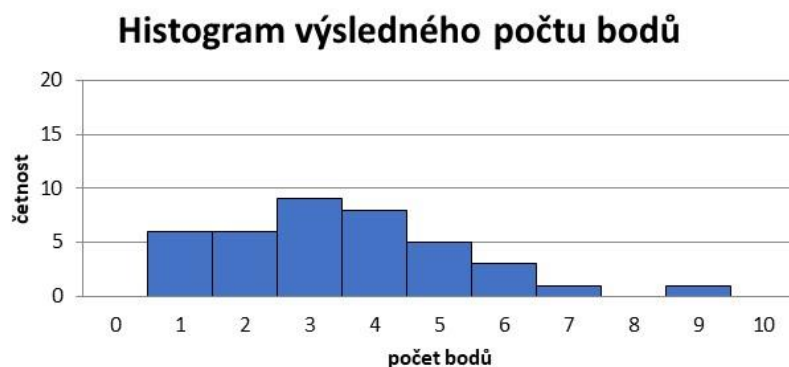
Procentuální zastoupení řešení úlohy



Graf 5: Procentuální zastoupení řešení úlohy.

49 % žáků uvedlo chybnou nebo neuvedlo žádnou hodnotu průměrné rychlosti. Oproti tomu stejný počet žáků určil správně průměrnou rychlost ozobota na jeho vyznačené dráze, avšak nesestrojil graf. Správně určenou průměrnou rychlost a zároveň i správně sestrojený graf měla pouze 2 % žáků.

Graf 6 uvádí četnosti získaného počtu bodů.



*Graf 6: Histogram výsledného počtu bodů získaných v úloze.*

Z histogramu lze vyčíst rozložení výsledného počtu bodů. Žádný z řešitelů nezůstal na nulovém bodovém ohodnocení, bohužel ani nedosáhl plného počtu bodů. Největší četnosti dosáhli žáci v třibodovém ohodnocení, protože obvykle určili pouze průměrnou rychlost ozobota a dále již úlohu neřešili.

## **Závěr**

51 % zúčastněných žáků vyřešilo dílčí část úlohy – určili průměrnou rychlost ozobota. Do grafu se z nich pustil málokdo, a pokud ho sestrojil, byl kromě jednoho případu špatně. Lze tedy konstatovat, že úloha není triviální ani neřešitelná pro žáky základních škol. Obtížnost je dostatečná pro využití úlohy v okresním kole fyzikální olympiády kategorie G.

## 2. 2. 4. Určování hmotnosti svazku klíčů

Úloha je založena na aplikaci otáčivých účinků síly. Žáci mají za úkol určit hmotnost svazku klíčů za pomoci kladky pevné, kladkostroje či páky.

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání řadí učivo otáčivých účinků síly do tematického celku *Pohyb těles; síly* a očekávaným výstupem žáka je: *aplikuje poznatky o otáčivých účincích síly při řešení praktických problémů.* [1]

### Teorie

#### Rovnováha na dvojzvratné páce

*Rovnováha na páce nastane, právě když součin ramene síly a velikosti síly na levé straně se rovná součinu ramene síly a velikosti síly na pravé straně* [14]

$$a_1 \cdot F_1 = a_2 \cdot F_2. \quad (6)$$

#### Rovnováha na kladce pevné

*Rovnováha sil na kladce pevné nastane tehdy, jestliže na obou koncích lana působí stejně velké síly, platí tedy:*[14]

$$F_1 = F_2. \quad (7)$$

Zavěsíme-li na jeden konec lana kladky pevné závaží o určité tíze a chceme-li, aby nastala rovnováha na kladce, musíme na druhý konec lana zavěsit závaží o stejné tíze.

#### Kladkostroj

*Jednoduchý kladkostroj se skládá z jedné kladky volné a jedné kladky pevné. Síla, kterou působíme na konec lana, je rovna polovině tíhy břemene, platí vztah:* [14]

$$F = \frac{G}{2}. \quad (8)$$

#### Pomůcky

Pomůcky použitelné k řešení úlohy jsou zachyceny na fotografii (Obrázek 32).



Obrázek 32: Pomůcky k úloze Určování hmotnosti svazku klíčů.

Žák získá k dispozici následující pomůcky: základní deska, tyč s vrutem, upravená páka, dvě svorky se šroubem a hlavou „krátké“, svorka se šroubem a hlavou „dlouhá“, tři čepy, kancelářské sponky, dvě 10g závaží, svazek klíčů, kladka volná, upravená kladka volná, dvě kladky pevné, nůžky, provázek a modelína.

Detailněji jsou zde popsány pouze pomůcky, které musely být nějak upraveny nebo speciálně koupeny.

### **Svazek klíčů**

Řešitel má za úkol určit hmotnost svazku klíčů. Svazek se skládá ze tří klíčů a jednoho kroužku o průměru 20 mm. Jedná se o klíče FAB 100 ND, R1 N R11N, které nejsou vyfrézované a k dostání jsou například u firmy Kukačka.cz za cenu 9 Kč za kus (18. 6. 2019). [16] Kroužek se dá koupit v libovolném železářství a jeho cena se pohybuje kolem 4 Kč.

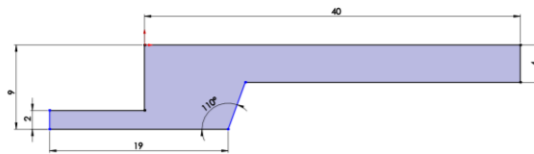
### **Páka**

Páka je použita ze sady pro mechaniku [17]. Je z ní však úmyslně vyndáno gumové uložení. Pokud se žák rozhodne páku použít, musí nejprve vyvážit páku samotnou, a pak až začít s vlastním měřením.

### **Kladka volná**

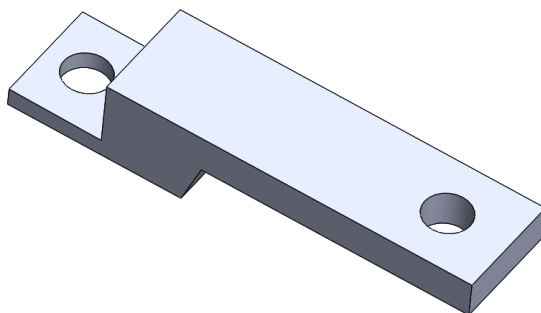
Dále má žák možnost určit hmotnost svazku klíčů pomocí sestavení jednoduchého kladkostroje. K tomu má na výběr ze dvou kladek. Jedna je běžná kladka ze sady pro mechaniku a ta druhá je upravená. Druhá kladka má úmyslně vyšší hmotnost. Při měření a následném výpočtu tak nelze zanedbávat její hmotnost.

Pro výrobu upravené kladky volné byla použita variabilní kladka ze sady pro mechaniku. Dále byl pomocí 3D tisku vytvořen držák kladky. Při tvorbě modelu se vycházelo z původního tvaru kladky ze sady. Rozměry skici jsou naznačeny v následujícím obrázku (Obrázek 33).



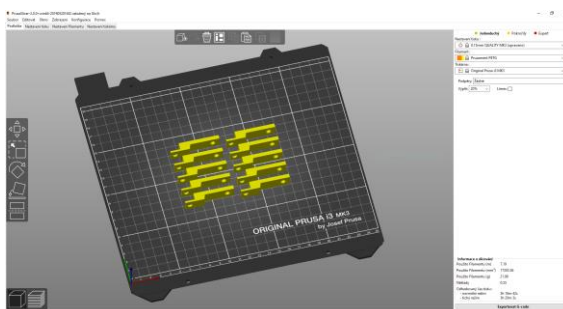
Obrázek 33: Skica držáku kladky.

Třetí rozměr byl přidán vytažením o hloubku  $h = 12$  mm. Ve vytvořeném tělese byly odebrány otvory pomocí kružnice o průměru  $d = 5$  mm (Obrázek 34).



Obrázek 34: Prostorový model držáku kladky.

Vytvořený model byl orientován na bok, aby ho bylo možné tisknout bez podpor (Obrázek 35).



Obrázek 35: Nastavení programu pro současný tisk deseti kopií.

Při tisku byla použita tryska o průměru  $d_{\text{tryska}} = 0,40$  mm. Výška tisknuté vrstvy byla zvolena  $h_{\text{vrstva}} = 0,15$  mm a nastavena hustota vnitřní výplně (infill)  $i_{\text{výplň}} = 20$  %. K tisku byl použit polyethylene terephthalate glycol (PETG) filament o průměru  $d_{\text{filament}} = 1,75$  mm v 3D tiskárně Prusa i3 MK3S.

Pro docílení větší hmotnosti je kladka pevná spojená s držákem pomocí šroubu M5x16 a matice M5. Mezi ně je ještě přidána velkoplošná podložka o průměru 30 mm (Obrázek 36).



Obrázek 36: Pomůcky k vytvoření zatížené kladky volné.

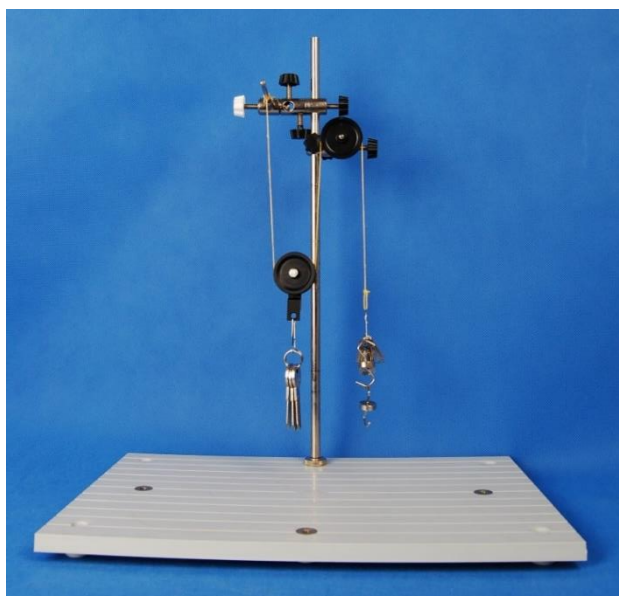
## Postup

Úloha byla v průběhu pilotáže měněna, a proto zde bude uveden postup všech verzí, které vedly k oficiální verzi použité na Archimediádě 2018/2019.

### Verze A

Při první pilotáži obdržel žák již sestrojený jednoduchý kladkostroj, ve kterém byla použita zatížená kladka volná.

Prvním krokem řešení úlohy tedy muselo být vyvážení kladky za pomoci kancelářských sponek. Dále následovalo zavěšení svazku klíčů na kladku volnou. Na provázek vedený přes kladku pevnou byla zavěšena dvě 10g závaží, čímž vznikla rovnováha (Obrázek 37).



Obrázek 37: Řešení verze A.

Pomocí rovnice (8) pak zjistíme, že svazek klíčů má hmotnost 40 g.

Verze A měla jen jedno velmi omezené řešení, a proto byla nahrazena verzí B.

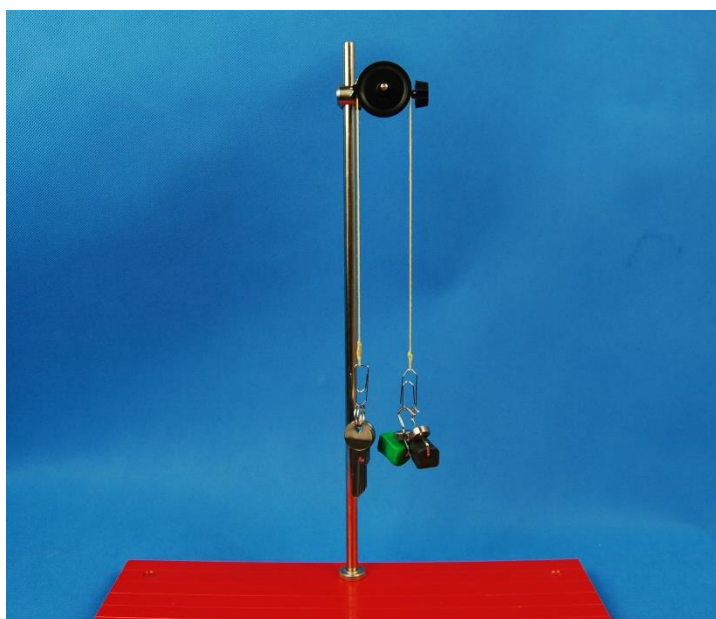


## Verze B

Ve verzi B si žák musel sám sestavit libovolnou aparaturu pro určení hmotnosti svazku klíčů. K dispozici získal dvě kladky pevné, jednu kladku volnou a jednu kladku volnou s nezanedbatelnou hmotností. Úlohu mohl řešit stejně, jako u verze A, nebo přes kladku pevnou.

Při řešení přes kladku pevnou je nejprve třeba si sestavit aparaturu, a pak vytvořit z modelíny závaží. K dispozici jsou totiž pouze dvě závaží o souhrnné hmotnosti 20 g, a svazek klíčů má větší hmotnost. Z modelíny si tedy žák vytvoří další dvě závaží o hmotnostech 10 g.

Na jeden konec provázku zavěšíme klíče a na druhý dvě 10g závaží společně se závažími vytvořenými z modelíny. Na kladce pevné pak nastane rovnováha (Obrázek 38).



Obrázek 38: Řešení přes kladku pevnou.

Pomocí rovnice (7) pak určíme hmotnost svazku klíčů, která je 40 g.

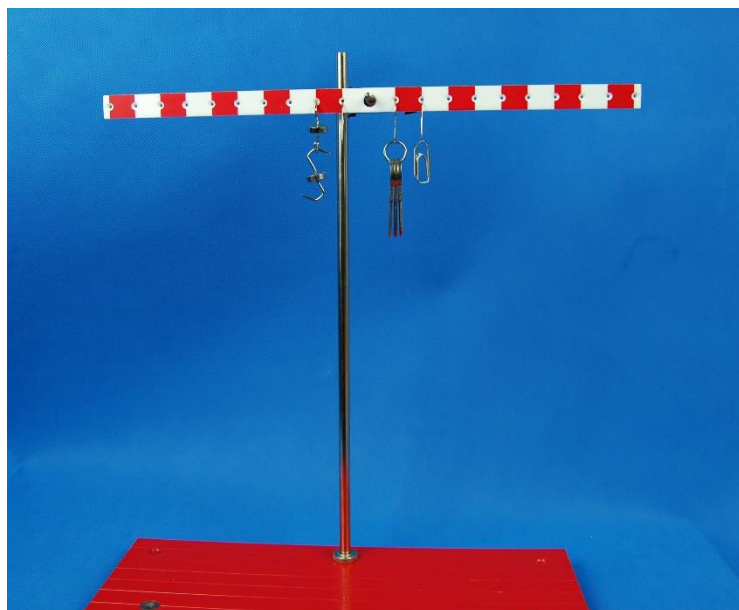
K verzi B byla ještě přidána páka, pro možné další řešení.

## Verze C

Verze C má tři možné způsoby řešení – pomocí sestavení kladkostroje, použitím kladky pevné, či využitím páky. Postup řešení přes kladkostroj je uveden ve verzi A. Řešení s kladkou pevnou je popsáno ve verzi B.

Pokud se žák rozhodl použít pro řešení úlohy páku, musel si ji nejprve sestavit a vyvážit. K vyvážení slouží kancelářské sponky.

Dále je třeba určit správné umístění svazku klíčů a závaží (jednoho, či obou) tak, aby na páce vznikla rovnováha. Ta nastane ve více případech. Například pokud svazek klíčů umístíme do první zdířky napravo od osy otáčení a dvě závaží do druhé zdířky nalevo od osy otáčení (Obrázek 39).



Obrázek 39: Jedno z možných řešení přes páku.

Možný zápis výpočtu hmotnosti svazku klíčů je následující:

$$a_1 = 2,$$

$$F_1 = m_1 \cdot g = 20 \cdot 10 = 200 \text{ mN},$$

$$a_2 = 1,$$

$$F_2 = m_2 \cdot g = 10 \cdot m_2.$$

Dosazením do rovnice (6) dostane tvar:

$$2 \cdot 200 = 1 \cdot 10 \cdot m_2$$

$$400 = 10 \cdot m_2$$

$$m_2 = \frac{400}{10} = 40 \text{ g}$$

Hmotnost svazku klíčů je 40 g.

Verze C je oficiální verzí úlohy *Určování hmotnosti svazku klíčů*. Dále v textu je popsán pracovní list této verze.

## Pracovní list

Pracovní list je vytvořen podobně, jako u předchozích úloh. Proto jsou zde uvedeny obrázky pouze odlišných částí.

První pasáž slouží k identifikaci žáka a k zadání úkolu experimentální úlohy (Obrázek 40).

jméno a příjmení:

škola:

čas zahájení:

Archimediáda 2018/2019 – praktická část

**Úkol:** Urči **hmotnost svazku klíčů** za pomoci obdržných pomůcek.

(Závaží s vyrytým číslem 10 má hmotnost  $m = 10$  g.)

Obrázek 40: Zadání úkolu experimentální úlohy.

Následuje první bodovaná část, pomůcky. Za vypsání všech nezbytných pomůcek pro řešení úlohy získá žák jeden bod. Seznam pomůcek se liší v závislosti na vybraném postupu řešení.

Při použití páky jsou pomůcky následující: *páka; kancelářské sponky; závaží a svazek klíčů.* Pomůcky k sestrojení stojanu nemusejí být uvedeny.

Pokud žák řešil úlohu za pomoci kladky pevné, vypsányi pomůckami jsou: *kladka pevná; provázek; modelína; závaží a svazek klíčů.*

Další možností, jak úlohu řešit, je za použití jednoduchého kladkostroje. Při tom jsou využité pomůcky: *kladkostroj, kladka pevná a kladka volná; provázek; kancelářské sponky; závaží; svazek klíčů.*

Druhou bodovanou částí je postup, za nějž mohou řešitelé získat maximálně dva body. Stejně jako pomůcky, i kroky postupu se liší v závislosti na vybraném postupu řešení.

Pokud žák řeší úlohu za pomoci páky, kroky postupu jsou:

- 1) *Sestrojím páku a vyvážím ji.*
- 2) *Pohybuji se svazkem klíčů a závažím, dokud není páka v rovnováze.*
- 3) *Výsledné hodnoty si zapíši a pomocí vzorce pro rovnováhu na páce určím hmotnost svazku klíčů.*

Při řešení úlohy přes kladku pevnou jsou kroky postupu následující:

- 1) *Na stojan připevním kladku pevnou.*
- 2) *Vytvořím si z modelíny dvě 10g závaží.*
- 3) *Na jednu stranu kladky připevním svazek klíčů a na druhou stranu dám závaží.*
- 4) *Závaží s modelínou a svazek klíčů jsou v rovnováze.*
- 5) *Výsledné hodnoty si zapíši a určím hmotnost svazku klíčů.*

Jestliže žák řeší úlohu za použití kladkostroje, jeho kroky jsou následující:

- 1) *Sestrojím kladkostroj a vyvážím kladku volnou.*
- 2) *Na kladku volnou připevním klíče.*
- 3) *Na konec provázku přidávám závaží, dokud není kladkostroj v rovnováze.*

4) Naměřené hodnoty si zapiš a pomocí vzorce pro kladkostroj vypočítám hmotnost svazku klíčů.

Další částí pracovního listu je dvoubodově ohodnocený náskres. Jeden bod získá žák za náskres měření. Pokud do náskresu znázorní i působící síly, a potažmo vzdálenosti, získá druhý bod.

Následuje prostor pro vypsání naměřených hodnot, výpočtů a výsledku. Každá dílčí část je ohodnocena jedním bodem, dohromady tedy může žák získat tři body.

Poslední bodovanou sekcí pracovního listu je diskuze. V ní se může objevit: *neuvažujeme tření mezi provázkem a kladkou, mezi kladkou a držákem, mezi kladkou a čepem. Zanedbáváme hmotnost provázku. Vyvážení páky (kladkostroje) nemusí být úplně přesné. Závaží nemusí mít přesně 10 g z důvodů opotřebení.*

Závěr pracovního listu patří informacím o získaném počtu bodů, o stržených bodech a výsledném bodovém ohodnocení.

Celková podoba pracovního listu je uvedena v příloze. V ní je také možné nalézt ukázky všech tří způsobů řešení úlohy *Určování hmotnosti svazku klíčů* (Příloha 4).

## Výsledky řešení pilotáže úlohy

Pilotáže úlohy se dohromady zúčastnilo 110 žáků sedmých, osmých a devátých tříd ze tří základních škol ležících mimo okres České Budějovice.

Verze A s možností jediného řešení se setkala se 36% úspěšností, a proto byla nahrazena verzí B, kde je více možných způsobů řešení. Pilotáž verze B dopadla úspěšněji, 42 % žáků uvedlo správnou hmotnost svazku klíčů, a to 40 gramů. Pro větší kreativnost řešení byla mezi pomůcky verze B přidána páka, čímž vznikla konečná verze C.

48 % řešitelů verze C úlohu úspěšně vyřešilo. U zbylých 52 % se objevovaly výsledky navýšené o hmotnost kancelářských sponek, či úplně chybné.

Graf 7 uvádí četnosti získaného počtu bodů řešitelů konečné verze úlohy a to verze C.



Graf 7: Histogram výsledného počtu bodů získaných v úloze.

Z histogramu můžeme vyčíst, že nejčastější bodové ohodnocení jsou čtyři body. Žádný z řešitelů nezískal devět ani deset bodů, avšak na nulovém bodovém ohodnocení zůstal jeden žák.

## Závěr

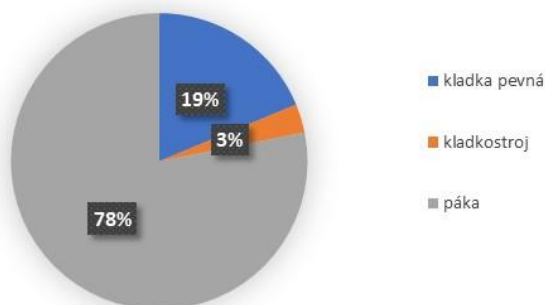
Podle výsledků pilotáže na základních školách byla úloha shledána jako řešitelná pro žáky základních škol a na druhou stranu zase ne moc triviální. Proto byla vybrána jako vhodná úloha pro použití v praktické části okresního kola fyzikální olympiády kategorie G.

## Výsledky řešení úlohy na Archimediádě 2018/2019

Archimediády se dne 23. května 2019 zúčastnilo 32 žáků z víceletých gymnázií a jedné základní školy. Jejich úkolem bylo určit hmotnost svazku klíčů za pomoci znalostí z tematické oblasti *Otáčivé účinky síly*. Na jejich způsoby řešení a výsledky můžeme nahlížet z vícero úhlů:

- 1) Jelikož zadání úlohy bylo ve verzi C, měli žáci možnost kreativního řešení úlohy. Mohli využít páku, kladkostroj či kladku pevnou. Procentuální zastoupení těchto způsobů řešení uvádí Graf 8.

**Procentuální zastoupení způsobů řešení úlohy**

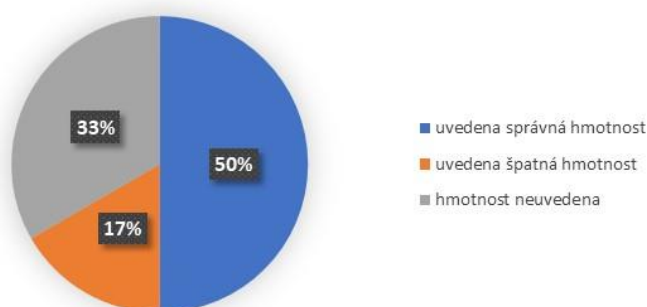


Graf 8: Procentuální zastoupení způsobů řešení úlohy.

Přes kladku pevnou úlohu řešilo 19 % účastníků Archimediády, pomocí kladkostroje 3 % a páku využilo nejvíce řešitelů, 78 %.

- 2) Každý z těchto způsobů měl mezi žáky jinou úspěšnost v hledání hmotnosti svazku klíčů. Graf 9 uvádí úspěšnosti řešení při použití kladky pevné.

### Úspěšnost řešení při použití kladky pevné



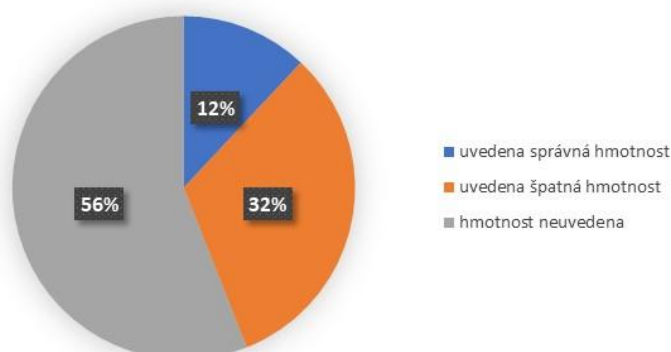
Graf 9: Úspěšnost řešení při použití kladky pevné.

50 % žáků určilo správnou hmotnost svazku klíčů, 17 % uvedlo jinou hmotnost a zbylých 33 % žáků neuvedlo žádnou hodnotu ani postup měření.

Kladkostroj pro své měření použil jeden řešitel. Pro výpočet použil správný vzorec, avšak zapomněl kladkostroj vyvážit, tudíž mu vyšla odlišná hodnota hmotnosti svazku klíčů.

Úspěšnost řešení při použití páky uvádí Graf 10.

### Úspěšnost řešení při použití páky



Graf 10: Úspěšnost řešení při použití páky.

44 % žáků uvedlo výslednou hmotnost svazku klíčů, avšak jen 12 % správnou. Ve zbylých případech byla uvedena špatná hmotnost z důsledku nevyvážení páky. Na druhou stranu 56 % žáků neuvedlo žádnou hmotnost, i když 79 % z nich uvedlo postup, kterým by měli dojít ke správnému řešení úlohy. Jenže se jim nedařilo nalézt rovnováhu na páce, tudíž neuvedli žádné naměřené hodnoty ani výslednou hmotnost svazku klíčů.

- 3) Pokud se na výsledky úlohy podíváme vzhledem ke správným řešením úlohy, tak celkově úlohu správně vyřešilo 19 % žáků. Polovina z nich úlohu řešila pomocí páky a druhá polovina

pomocí kladky pevné. Jelikož si kladku pevnou pro své řešení vybralo méně žáků než páku, stala se způsobem řešení, který měl největší úspěšnost.

- 4) Dále se na výsledky úlohy můžeme podívat vzhledem k hloubce znalostí zúčastněných žáků v tematické oblasti *Otáčivé účinky síly*. Ta se dala vyvodit z vyplněného postupu řešení, a její procentuální zastoupení uvádí Graf 11.



Graf 11: Procentuální zastoupení hloubky znalostí zúčastněných žáků v tematické oblasti *Otáčivé účinky síly*.

Ze 32 zúčastněných žáků použilo správný vzorec pro výpočet hledané hmotnosti svazku klíčů čtrnáct žáků (44 %), avšak z důvodu prvotního nevyvážení at' už páky či kladkostroje, z nich bylo úspěšných jen šest žáků (19 % ze 32 osob). U dalších jedenácti žáků (34 %) je z postupu patrné, že vědí, jak dosáhnout rovnováhy, ale v úloze k žádnému výsledku nedošli. Pět žáků (16 %) neuvedlo v pracovním listu žádný postup, nelze tedy u nich říct, jestli otáčivým účinkům síly rozumí. U zbývajících dvou žáků (6 %) lze z jejich zápisu říci, že znají postup pro nalezení rovnováhy na páce, avšak pro výpočet použili špatný vzorec, a tím pádem jim vyšel špatný výsledek.

- 5) Na výsledky úlohy můžeme nahlížet také z pohledu výsledného bodového ohodnocení žáků, jehož četnost uvádí Graf 12.



Graf 12: Histogram výsledného počtu bodů získaných za experimentální úlohu při řešení Archimediády 2018/2019.

Žáci za svá řešení zapsaná do pracovního listu mohli obdržet maximálně 10 bodů. Největší četnost, jak udává histogram, má tříbodové ohodnocení. Žádný z řešitelů neobdržel devět či deset bodů.

Pravidlem Domova dětí a mládeže je: „*Soutěžící v okresním kole je úspěšným řešitelem, pokud vyřeší dvě úlohy alespoň na 5 bodů a současně získá v celkovém součtu alespoň 14 bodů.*“ [18] Praktickou úlohu vyřešilo na alespoň 5 bodů 13 žáků, kteří se kromě jednoho stali i úspěšnými řešiteli celé Archimediády. Celkově se úspěšnými řešiteli stalo 22 žáků.

Výsledné bodové ohodnocení je ovlivněno možnou bodovou srážkou za nápovědu. Pokud si žák nebyl jistý svým postupem, či vůbec nevěděl, jak úlohu řešit, měl možnost se zeptat na radu. Každá rada ho stála jeden bod. Toho využilo osm řešitelů (25 %), z čehož jeden využil nápovědu dvakrát.

Další častou bodovou srážkou bylo strhnutí půl bodu v postupu za nevyvážení páky. Sice tím byla ovlivněna i další část pracovního listu, přesněji naměřené hodnoty, výpočty a výsledek, avšak žák byl za tuto chybu penalizován pouze jednou.

- 6) V neposlední řadě můžeme na výsledky úlohy nahlížet způsobem, jak úspěšné byly jednotlivé části pracovního listu. Četnost obdrženého bodového hodnocení za jednotlivé části úlohy uvádí Tabulka 3.

pomůcky		postup		nákres		naměřené ...		diskuze	
body	četnost	body	četnost	body	četnost	body	četnost	body	četnost
0	1	0	5	0	2	0	16	0	22
0,5	3	0,5	1	0,5	3	0,5	1	0,5	3
1	28	1	7	1	21	1	6	1	5
		1,5	10	1,5	2	1,5	2	1,5	0
		2	9	2	4	2	3	2	2
						2,5	1		
						3	3		

Tabulka 3: Četnost obdrženého bodového hodnocení za jednotlivé části úlohy.

Z tabulky je patrné, že nejúspěšnější částí se stalo vypsání použitých pomůcek, kde 28 zúčastněných žáků obdrželo plné bodové ohodnocení. Naopak nejhůř dopadla diskuze, u které 22 žáků nenapsalo vůbec nic.

Dále lze k pomůckám říct, že jeden žák tuto část nevyplnil vůbec a tři žáci ve výčtu použitých pomůcek zapomněli některé podstatné uvést.

Postup je druhou nejúspěšnější částí. Devět žáků získalo plné dvoubodové hodnocení a deset obdrželo 1,5 bodu z důvodu opomenutí vyvážení páky či kladkostroje. Jeden bod žáci obvykle získali z důvodů uvedení neúplného postupu či částečně chybného. Pokud v postupu chybělo více kroků, žák za něj dostal půl bodu. Prostor pro vypsání kroků postupu zůstal u pěti žáků prázdný, proto obdrželi nulové bodové hodnocení.



Nejčastější bodové ohodnocení za nákres je jeden bod, který získalo 21 žáků. Jeden bod obdržel žák za samotný nákres měření. Přidal-li znázornění působících sil a případně vzdálenosti, získal body dva. V případě částečného doplnění vzdáleností či působících sil, byl žák ohodnocen 1,5 bodem. Jestliže byl nákres měření jen částečný, získal žák půl bodu. Ve dvou případech nákres zcela chyběl, tudíž si žák za tuto část pracovního listu neodnesl žádný bod.

U naměřených hodnot, výpočtů a výsledku obdrželi tři řešitelé maximální počet bodů, a to tři. Dále byly body odstupňovány podle vyplněných částí této pasáže úlohy. Pokud například nebyl uveden výpočet řešení úlohy, získal žák dva body. V případech uvedení jen dílčích částí, byly body dále děleny na půl body. Šestnáct žáků ponechalo prostor pro vypsání naměřených hodnot, výpočtů a výsledku prázdný, tudíž nezískalo žádný bod.

Jak bylo napsáno výše, nejhůře dopadla diskuze. 22 žáků do ní nenapsalo vůbec nic, čímž obdrželi nulové bodové hodnocení. Dále byly body rozděleny podle množství uvedených smysluplných argumentů.

## Závěr

V teoretické části práce byly popsány pojmy rámcový vzdělávací program, školní vzdělávací program a školní fyzikální pokusy. Následně bylo krátce pojednáno o péči o talentované žáky a fyzikální olympiádě. Všechny části teoretické části vedly k hlavnímu cíli diplomové práce – návrhu praktických úloh okresního kola fyzikální olympiády kategorie G. Této části se věnovala celá praktická část předkládané diplomové práce.

Úvod praktické části se věnoval rešerši školních vzdělávacích programů vyučovacího předmětu fyzika základních škol a víceletých gymnázií, jejichž žáci se zúčastnili fyzikální olympiády kategorie G v okrese České Budějovice od školního roku 2009/2010 do současnosti. Na základě rešerše byly zvoleny vhodné tematické oblasti pro tvorbu praktických úloh.

Celkem jsou v diplomové práci popsány čtyři úlohy. Každá z nich byla pilotována na základních školách mimo českobudějovický okres. Na základě výsledků pilotáže byly všechny čtyři úlohy shledány jako řešitelné, avšak ne příliš triviální, tudíž vhodné jako úlohy praktické části Archimediády.

Jedna z úloh byla vybrána pro verifikaci na účastnících okresního kola fyzikální olympiády kategorie G školního roku 2018/2019 a v práci je uvedena analýza jejich způsobů řešení a výsledky.

Výše uvedené úlohy by mohly být využity i v hodinách fyziky, a to jako laboratorní práce. Zde by však bylo vhodné žáky navést na postup řešení.

## Seznam použité literatury

- [1] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: MŠMT, 2017.
- [2] TESAŘ, Jiří, 2018. *Didaktika fyziky: Přednáška*. České Budějovice.
- [3] SVOBODA, Emanuel a KOLÁŘOVÁ, Růžena. *Didaktika fyziky základní a střední školy: vybrané kapitoly*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1181-3.
- [4] HŘÍBKOVÁ, Lenka. *Nadání a nadaní*. Praha: Grada Publishing a.s., 2009. ISBN 97880-247-1998-6
- [5] PRACHAŘ, Jan, ed. Co je Fyzikální olympiáda. *Fyzikální olympiáda* [online]. Česká republika: Fyzikální olympiáda České republiky, 2019 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <http://fyzikalniolympiada.cz/co-je-fo>
- [6] PRACHAŘ, Jan, ed. Archimediáda. *Fyzikální olympiáda* [online]. Česká republika: Fyzikální olympiáda České republiky, 2019 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <http://fyzikalniolympiada.cz/archimediada>
- [7] ŠVP základních škol a víceletých gymnázií:
- Biskupské gymnázium J. N. Neumanna a Církevní základní škola
  - Česko-anglické gymnázium s.r.o.
  - České reálné gymnázium s.r.o.
  - Církevní Základní škola, Rudolfovska 23
  - Gymnázium J. V. Jirsíka, České Budějovice, Fráni Šrámka 23
  - Gymnázium, České Budějovice, Česká 64
  - Gymnázium, České Budějovice, Jírovcova 8
  - Gymnázium, Trhové Sviny, Školní 995
  - Základní škola a Mateřská škola Lišov
  - Základní škola a základní umělecká škola, Bezdrevská 3, České Budějovice
  - Základní škola Máj I, M. Chlajna 21, České Budějovice
  - Základní škola, Nerudova 9, České Budějovice
  - Základní škola, Pohůrecká 16, České Budějovice
- [8] ŠRÁMEK, Zdeňek, Výsledky soutěží MŠMT. *Dům dětí a mládeže České Budějovice* [online]. České Budějovice [cit. 2018-11-14]. Dostupné z: <http://ddmcb.cz/index.php/vysledky-soutezi-msmt>
- [9] TESAŘ, Jiří a JÁCHIM, František. *Fyzika 3 pro základní školu: světelné jevy a mechanické vlastnosti látek*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, akciová společnost, 2015. str. 120. ISBN 978-80-7235-561-7.

- [10] Plastová jednorázová modrá propiska | Dobré obaly. V+L MAIS, s. r. o. - provozovatel internetového obchodu *dobreobaly.cz* | *Dobré obaly* [online]. Copyright © VL MAIS 2014 [cit. 12.06.2019]. Dostupné z: <https://bit.ly/2Zf1bP8>
- [11] Válec odměrný vysoký, lisovaná stupnice, PP – VERKON. *Laboratorní chemikálie, laboratorní sklo, laboratorní přístroje – VERKON* [online]. Dostupné z: <https://bit.ly/2WDJDPG>
- [12] KOTLÍK, Bohumír, Vladimír LANK, Květoslava RŮŽIČKOVÁ, Miroslav VONDRA a Zdeněk VOŠICKÝ, *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*. 2. vydání. Praha: FRAGMENT. ISBN 978-80-253-1227-8.
- [13] TESAŘ, Jiří a JÁCHIM, František. *Fyzika 1 pro základní školu: fyzikální veličiny a jejich měření*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, akciová společnost, 2015. str. 72. ISBN 978-80-7235-556-3.
- [14] TESAŘ, Jiří a JÁCHIM, František. *Fyzika 2 pro základní školu: síla a její účinky - pohyb těles*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, akciová společnost, 2015. str. 88. ISBN 978-80-7235-560-0.
- [15] OZOBOT 2.0 BIT inteligentní minibot, bílá OZO-020101-01 | CZC.cz. *CZC.cz - rozumíme vám i elektronice* [online]. Copyright © oXyShop X7 od společnosti oXy Online s.r.o. [cit. 17.06.2019]. Dostupné z: <https://bit.ly/2RiV9tS>
- [16] Klíč 100 ND, R1 N R11N. *Dárky, designové předměty, hry a hračky* | *e-shop Kukačka.cz* [online]. Copyright © [cit. 26.06.2019]. Dostupné z: <https://bit.ly/2RnCPQz>
- [17] ŠUP, Rudolf. *ŽEP-II*. Praha: Komenium, n. p., 1980. 57-134-80.
- [18] HEŘMAN, Michal, 2019. Výsledková listina. In: *Dům dětí a mládeže České Budějovice* [online]. České Budějovice [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <http://ddmcb.cz/php/souteze/1241.pdf>

# **Přílohy**

Příloha 1: Určování hustoty kapalin pomocí neoznačeného hustoměru.

Příloha 2: Určování rozměrů lahve od mléka.

Příloha 3: Určování rychlosti ozobota.

Příloha 4: Určování hmotnosti svazku klíčů.

# Příloha 1: Určování hustoty kapalin pomocí neoznačeného hustoměru.

jméno a příjmení:

škola:

čas zahájení:

## Archimediáda – praktická část

**Úkol:** Za pomoci obdržených pomůcek urči **hustotu slunečnicového oleje** a **hustotu octa**.

**Pomůcky** (1 b):

vypiš všechny pomůcky, které jsi použil/a při měření

*hustoměr, odměrné válce s kapalinami, pravítko, kuchyňské válečky, kalkulačka*

**Postup** (2 b):

stručně popiš svůj pracovní postup měření

1) Vložíš hustoměr do odměrného válce s lídem a po jeho ustálení změříš délku vyčnívající části a hodnotu naplnění.

2) Hustoměr odin a vložíš ho do vody a zít změříš vyčnívající část a naplnění.

3) Tak pokračuješ i u obyčejných kapalin.

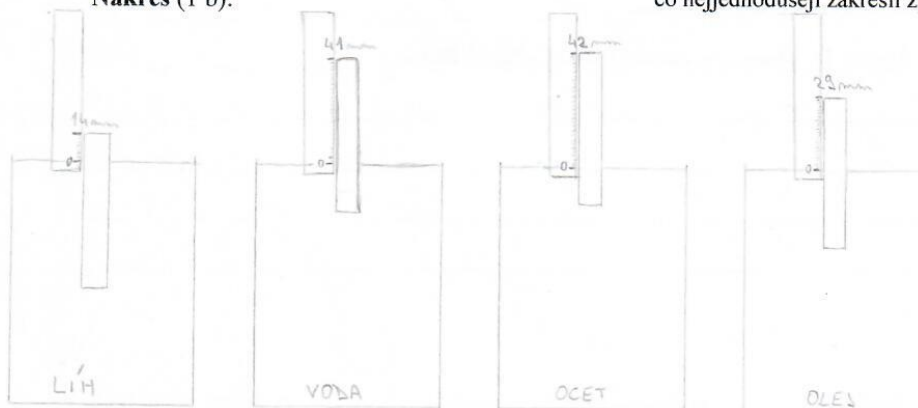
4) Vytvoříš stupnici hustoměru (viz naměřené hodnoty, výpočty a výsledky).

5) Měříš hustotu slunečnicového oleje a octa.

6) Seřadíš kapaliny podle velikosti hustoty.

**Nákres** (1 b):

co nejjednodušeji zakresli způsob měření



Obrázek 1: Ukázkové řešení první strany pracovního listu.

**Naměřené hodnoty, výpočty a výsledek (3 b):**

$$\begin{aligned} h_{\text{lekl}} &= 14 \text{ mm} \\ h_{\text{voda}} &= 41 \text{ mm} \\ h_{\text{ocel}} &= 42 \text{ mm} \\ h_{\text{olej}} &= 29 \text{ mm} \\ \rho_{\text{voda}} &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \rho_{\text{lekl}} &= 807 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta h &= h_{\text{voda}} - h_{\text{lekl}} = 41 - 14 = 27 \text{ mm} \\ \Delta \rho &= \rho_{\text{voda}} - \rho_{\text{lekl}} = 1000 - 807 = 193 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ 27 \text{ mm} &\dots 193 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ 1 \text{ mm} &\dots x \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ x &= \frac{193 \cdot 1}{27} = 7,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{ocel}} = 1007 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{olej}} = 914 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

zapiš naměřené hodnoty, vztah pro výpočet, řešení a výsledek

$$\begin{aligned} h_{\text{ocel}} - h_{\text{voda}} &= 42 - 41 = 1 \text{ mm} \\ \rho_{\text{ocel}} &= \rho_{\text{voda}} + 1 \cdot 7,15 = 1000 + 7,15 = \\ &= 1007,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 1007 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ h_{\text{olej}} - h_{\text{lekl}} &= 29 - 14 = 15 \text{ mm} \\ \rho_{\text{olej}} &= \rho_{\text{lekl}} + 15 \cdot 7,15 = 807 + 107,25 = \\ &= 914,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 914 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

**Pořadí kapalin podle velikosti hustoty (1 b):**

lekl  
slunečnicový olej  
voda  
ocel

seřaď kapaliny podle velikosti hustoty, buď vzestupně či sestupně

**Diskuze (2 b):**

okomentuj přesnost a chyby v měření

Voda nemá hustotu přesně 1000  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Při položení na pravítko pod jiným úhlem dochází k nepřesnému odečtení hodnoty.

Pravítko měří s přesností na 1 mm.

Nepřesnost způsobená třením se rukou.

Kapilární deprese či elevace rovněž může přivést k nepřesnému měření hladiny.

získaný počet bodů:

bodová srážka za nápovědu:

výsledný počet bodů:

Obrázek 2: Ukázkové řešení druhé strany pracovního listu.

Archimediáda – praktická část

**Úkol:** Za pomoci obdržených pomůcek urči **hustotu slunečnicového oleje** a **hustotu octa**.

**Pomůcky (1 b):**

vypiš všechny pomůcky, které jsi použil/a při měření

.....  
.....  
.....

**Postup (2 b):**

stručně popiš svůj pracovní postup měření

1)

.....

2)

.....

3)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Nákres (1 b):**

co nejjednodušeji zakresli způsob měření



**Naměřené hodnoty, výpočty a výsledek (3 b):**

zapiš naměřené hodnoty, vztah pro výpočet, řešení a výsledek

**Pořadí kapalin podle velikosti hustoty (1 b):**

seřaď kapaliny podle velikosti hustoty, buď vzestupně, či sestupně

**Diskuze (2 b):**

okomentuj přesnost a chyby v měření

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Příloha 2: Určování rozměrů lahve od mléka.

jméno a příjmení:

škola:

čas zahájení:

### Archimediáda – praktická část

**Úkol:** Výška lahve i s víčkem je 24 cm. Za pomoci obdržených pomůcek určete:

- průměr hrdla lahve  $d$ ,
- obvod lahve  $o$  ve vyznačeném místě.

**Pomůcky** (1 b):

vypiš všechny pomůcky, které jsi použil/a při měření

lahve, lžička, trojúhelník, provázek, kružítka

**Postup** (2 b):

stručně popiš svůj pracovní postup měření

1) Na papír si vyznačím velikost ústí lahve.

2) Z ústí dlouhí 24 cm si vytvořím úhlopíčí.

3) Změřím průměr hrdla lahve.

4) Provázkem dočím obvod lahve, poté změřím délku provázku.

**Výsledek** (2 b):

zapiš zjištěnou hodnotu průměru hrdla lahve  $d$   
a obvodu  $o$  ve vyznačené části

$$d = 3,75 \text{ cm}$$

$$o = 25,5 \text{ cm}$$

**Diskuze** (2 b):

okomentuj přesnost a chyby v měření

Provázek není absolutně tuhý, dochází k jeho natažení.

Dělení ústí nemá úplně přesné.

Přímost měření závisí na vytvoření úhlopíčí.

Pomocné nákresy, výpočty apod. (3 b):



získaný počet bodů:

bodová srážka za nápovědu:

výsledný počet bodů:

Obrázek 4: Ukázkové řešení druhé strany pracovního listu.



**Pomocné nákresy, výpočty apod. (3 b):**

### Příloha 3: Určování rychlosti ozobota.

jméno a příjmení:

škola:

čas zahájení:

#### Archimediáda– praktická část

**Úkol:** Za pomoci obdržených pomůcek **urči průměrnou rychlost**  $v_p$  ozobota na vyznačené dráze. **Sestroj graf závislosti jeho ujeté dráhy na čase.**

Poznámka: Dráhu i čas začni měřit po projetí prvním kódem (místo označené šipkou).

**Pomůcky (1 b):**

vypiš všechny pomůcky, které jsi použil/a při měření

ozobota, dráha, provázek, pravítka, stopky, kalkulačka

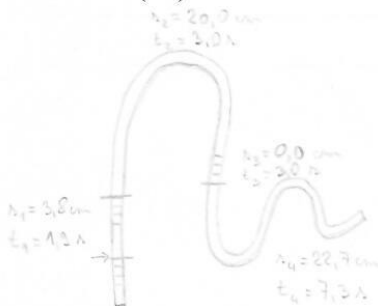
**Postup (2 b):**

stručně popiš svůj pracovní postup měření

- 1) změřím velikosti jednotlivých úsečů dráhy pomocí provázku a pravítka a bodově rozpiším.
- 2) několikrát pustím ozobota a postupně změřím čas na jednotlivých úsečích dráhy.
- 3) určím průměrnou rychlost ozobota.
- 4) vytvořím graf závislosti ujeté dráhy ozobota na čase.

**Nákres (1 b):**

co nejjednodušeji zakresli způsob měření



Obrázek 5: Ukázkové řešení první strany pracovního listu.

**Naměřené hodnoty, výpočty, výsledek a graf (4 b):**

zapiš naměřené hodnoty, vztah pro výpočet, řešení a výsledek (graf sestroj na přiložený milimetrový papír)

$$\begin{array}{l} \lambda_1 = 3,8 \text{ cm} \\ \lambda_2 = 20,0 \text{ cm} \\ \lambda_3 = 0,0 \text{ cm} \\ \lambda_4 = 22,7 \text{ cm} \\ \hline \lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 46,5 \text{ cm} \end{array} \quad \begin{array}{l} t_1 = 1,9 \text{ s} \\ t_2 = 3,0 \text{ s} \\ t_3 = 3,0 \text{ s} \\ t_4 = 7,3 \text{ s} \\ \hline t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 15,2 \text{ s} \end{array}$$

$$v_T = \frac{\lambda}{t} = \frac{46,5}{15,2} = \underline{\underline{3,06 \frac{\text{cm}}{\text{s}}}}$$

**Diskuze (2 b):**

okomentuj přesnost a chyby v měření

Vyznačená dráha je celkem šesti - při měření její délky račteří na umístění provázku.  
Provázek není absolutně lehký, může se nakláhat.  
Reakční doba rapnutí stopky může mít vliv na naměřené hodnoty.  
Pohyb osobla není rovnoměrný.  
Stopky měří s přesností 0,2 s.  
Pravítka měří s přesností 1 mm.

získaný počet bodů:

bodová srážka za nápovědu:

výsledný počet bodů:

Obrázek 6: Ukázkové řešení druhé strany pracovního listu.

# GRAF ZÁVISLOSTI UJETÉ DRÁHY OZOBOTA NA ČASE



Obrázek 7: Ukázkové řešení sestrojeného grafu.



Archimediáda – praktická část

**Úkol:** Za pomoci obdržených pomůcek **urči průměrnou rychlost**  $v_p$  ozobota na vyznačené dráze. **Sestroj graf** závislosti jeho ujeté **dráhy na čase**.

Poznámka: Dráhu i čas začni měřit po projetí prvním kódem (místo označené šipkou).

**Pomůcky** (1 b):

vypiš všechny pomůcky, které jsi použil/a při měření

.....  
.....  
.....

**Postup** (2 b):

stručně popiš svůj pracovní postup měření

1)

.....

2)

.....

3)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Nákres** (1 b):

co nejjednodušeji zakresli způsob měření

**Naměřené hodnoty, výpočty, výsledek a graf (4 b):**

zapiš naměřené hodnoty, vztah  
pro výpočet, řešení a výsledek  
(graf sestroj na přiložený  
milimetrový papír)

**Diskuze (2 b):**

okomentuj přesnost a chyby v měření

---

---

---

---

---

---

---

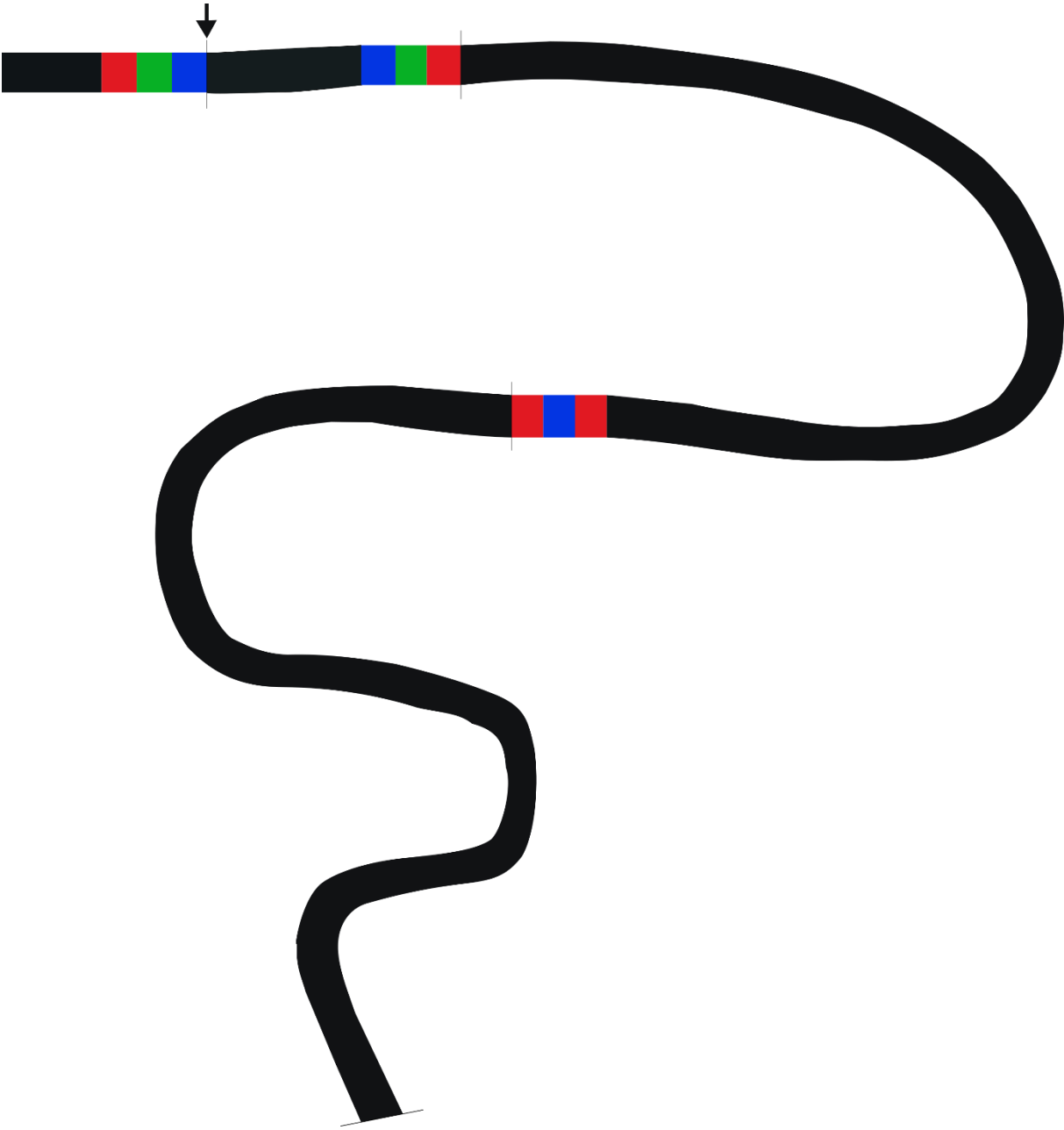
---

---

---

---

---



## Příloha 4: Určování hmotnosti svazku klíčů.

jméno a příjmení:

škola:

čas zahájení:

Archimediáda 2018/2019 – praktická část

**Úkol:** Urči **hmotnost svazku klíčů** za pomoci obdržných pomůcek.  
(Závaží s vrytým číslem 10 má hmotnost  $m = 10$  g.)

**Pomůcky** (1 b): vypiš všechny pomůcky, které jsi použil/a při měření

páka, kancelářské spoušky, nůž, svazek klíčů

**Postup** (2 b): stručně popiš svůj pracovní postup měření

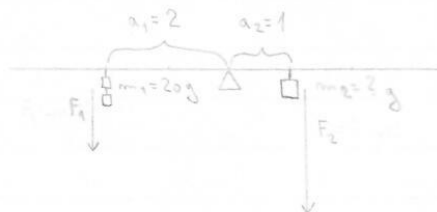
1) Seřadím páku a upravím ji.

2) Pohybuj se svazkem klíčů a nůžem, dokud není páka v rovnováze.

3) Výsledné hodnoty si napíšu a pomocí vzorce pro rovnováhu na páce určím hmotnost svazku klíčů.

**Nákres** (2 b):

co nejjednodušeji zakresli způsob měření



Obrázek 8: Ukázkové řešení první strany pracovního listu při řešení úlohy za pomoci páky.

Naměřené hodnoty, výpočty a výsledek (3 b):

zapiš naměřené hodnoty, vztah pro výpočet, řešení a výsledek

$$\begin{aligned}a_1 &= 2 & m_1 &= 20 \text{ g} \\ F_1 &= m_1 \cdot g = 20 \cdot 10 = 200 \text{ mN} \\ a_2 &= 1 \\ F_2 &= m_2 \cdot g = 10 \cdot m_2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a_1 \cdot F_1 &= a_2 \cdot F_2 \\ 2 \cdot 200 &= 1 \cdot 10 \cdot m_2 \\ 400 &= 10 \cdot m_2 \\ m_2 &= \frac{400}{10} = \underline{\underline{40 \text{ g}}}\end{aligned}$$

Diskuze (2 b):

okomentuj přesnost a chyby v měření

Vyvážení záhy nemusi být úplně přesné.

Závaží nemusi mít přesně 10 g a důvodů potřebuji.

získaný počet bodů:

bodová srážka za nápovědu:

výsledný počet bodů:

jméno a příjmení:

škola:

čas zahájení:

Archimediáda 2018/2019 – praktická část

**Úkol:** Urči **hmotnost svazku klíčů** za pomoci obdržených pomůcek.  
(Závaží s vyrytým číslem 10 má hmotnost  $m = 10$  g.)

**Pomůcky** (1 b): vypiš všechny pomůcky, které jsi použil/a při měření

hladka spona, nůžičky modelína, závaží, svazek klíčů

**Postup** (2 b): stručně popiš svůj pracovní postup měření

1) Na stojan připravená hladka spona.

2) Vytvořím si z modelíny dvě 10g závaží.

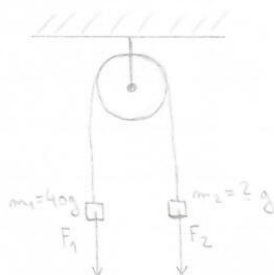
3) Na jednu stranu hladky připravená svazek klíčů a na druhou stranu dvě závaží.

4) Závaží z modelína a svazek klíčů jsou v rovnováze.

5) Výsledné hodnoty mi rozpiš a uveď hmotnost svazek klíčů.

**Nákres** (2 b):

co nejjednodušeji zakresli způsob měření



Obrázek 10: Ukázkové řešení první strany pracovního listu při řešení úlohy přes kladku pevnou.

**Naměřené hodnoty, výpočty a výsledek (3 b):**

zapiš naměřené hodnoty, vztah pro výpočet, řešení a výsledek

$$m_1 = 10 + 10 + 10 + 10 = 40 \text{ g}$$

$$F_1 = F_2$$
$$m_1 \cdot g = m_2 \cdot g$$
$$m_1 = m_2$$
$$\underline{\underline{m_2 = 40 \text{ g}}}$$

**Diskuze (2 b):**

okomentuj přesnost a chyby v měření

Neuvážujeme tření mezi provázkem a kladkou, kladkou a území.

Zanedbáváme hmotnost provázků.

Zdrojů nemáme mít přesně 10 g na důvodů potřebnosti.

získaný počet bodů:

bodová srážka za nápovědu:

výsledný počet bodů:

jméno a příjmení:

škola:

čas zahájení:

Archimediáda 2018/2019 – praktická část

**Úkol:** Urči **hmotnost svazku klíčů** za pomoci obdržených pomůcek.  
(Závaží s vyrytým číslem 10 má hmotnost  $m = 10$  g.)

**Pomůcky** (1 b): vypiš všechny pomůcky, které jsi použil/a při měření

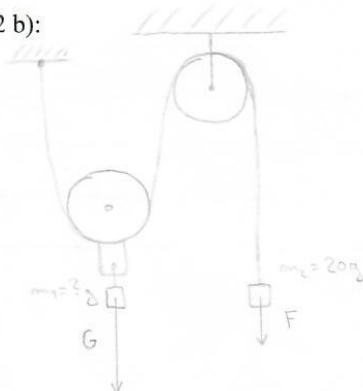
kladkostroj - kladka pevná a volná, provázek, kancelářské spody, závaží,  
miska slićin

**Postup** (2 b): stručně popiš svůj pracovní postup měření

- 1) Seznam kladkostroj a vyjímám kladku volnou.
- 2) Na kladku volnou připevním slićin.
- 3) Na konec provázku přidávám závaží, dokud není kladkostroj v rovnováze.
- 4) Měřením hodnoty síly napětí a pomocí vzorce pro kladkostroj vyjádřím hmotnost svazku slićin.

**Nákres** (2 b):

co nejjednodušeji zakresli způsob měření



Obrázek 12: Ukázkové řešení první strany pracovního listu při řešení úlohy za použití kladkostroje.



Naměřené hodnoty, výpočty a výsledek (3 b):

zapiš naměřené hodnoty, vztah pro výpočet, řešení a výsledek

$$\begin{aligned}m_2 &= 20 \text{ g} \\ F &= \frac{G}{2} \\ m_2 \cdot g &= \frac{m_1 \cdot g}{2} \\ 2 \cdot m_2 \cdot g &= m_1 \cdot g \\ 2 \cdot m_2 &= m_1 \\ 2 \cdot 20 &= m_1 \\ \underline{\underline{m_1}} &= \underline{\underline{40 \text{ g}}}\end{aligned}$$

Diskuze (2 b):

okomentuj přesnost a chyby v měření

Neměřujeme hmotnost mezi provázkem a kladkou, mezi kladkou a držákem, kladkou a čísel.

Zanedbáváme hmotnost provázku.

Vyrovnání kladkostroje nemusí být úplně přesné.

Závazí nemusí mít přesně 10 g ze důvodů potřebnosti.

získaný počet bodů:

bodová srážka za nápovědu:

výsledný počet bodů:



**Naměřené hodnoty, výpočty a výsledek (3 b):**

zapiš naměřené hodnoty, vztah  
pro výpočet, řešení a výsledek

**Diskuze (2 b):**

okomentuj přesnost a chyby v měření

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---