



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ  
FAKULTA**  
Univerzita Karlova

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Bc. Matouš Pechman

**Fyzikální rébusy v mimoškolním vzdělávání**

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Marie Snětinová, Ph.D.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Učitelství fyziky – Učitelství matematiky

Praha 2021



Poděkování patří v první řadě vedoucí mé práce RNDr. Marii Snětinové, Ph.D. za všechny podnětné rady, pomoc, ochotu a vedení celé práce. Také jsem rád za její projevené nadšení a cenné připomínky při sestavování únikové hry. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Matěji Rystonovi za jeho připomínky a tipy při fyzikálním rozboru jednotlivých úloh. Mé díky patří také mé rodině a přátelům za kritické povzbuzení, kritické připomínky a trpělivost.

V neposlední řadě pak také mým žákům a přátelům, kteří připravenou hru testovali svými připomínkami a zpětnou vazbou pomohli vylepšit nedostatky.

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

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

V Praze dne 15.7.2021

podpis

Název práce: Fyzikální rébusy v mimoškolním vzdělávání

Autor: Bc. Matouš Pechman

Katedra / Ústav: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Marie Snětinová, Ph.D., Katedra didaktiky fyziky

**Abstrakt:**

Neformální vzdělávání probíhá dnes prakticky neustále. Roste poptávka po volnočasových aktivitách, které nabídnou nejen zábavu jako takovou, ale zároveň i účastníkům rozšíří obzory v různých oblastech. Lidé ve volném čase nehledají jen odpočinek, ale také nové výzvy a podněty, na kterých si otestují svoje dovednosti i schopnost reagovat na nové situace. Mezi tyto aktivity patří například i únikové hry.

Únikové hry obvykle k úspěšnému zvládnutí vyžadují zručnost, znalosti a logické myšlení. Hra, která vznikla v rámci této práce, je složena z fyzikálních rébusů. S výjimkou jednoho jsou všechny rébusy založeny na problémech, se kterými se setkávají už žáci na základní škole v hodinách fyziky. Rébusy spojují pojmy, které zazněly ve škole, s praktickými ukázkami. Účastníci si sami mohou vyzkoušet, jak dané věci fungují a pomocí fyziky rébusy vyřešit.

Práce obsahuje podrobný návod, aby případní zájemci věděli, jak hru připravit. Dále obsahuje také krátké fyzikální vysvětlení jednotlivých fyzikálních principů použitých v jednotlivých rébusech. Hra byla otestována na šesti skupinách. Na základě testování byly upraveny některé části hry a přidána i další doporučení pro každého, kdo by chtěl hru v budoucnu použít.

**Klíčová slova:** Úniková hra, fyzikální rébusy, mimoškolní vzdělávání, fyzika

Title: Physics puzzles in extracurricular education

Author: Bc. Matouš Pechman

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Marie Snětinová, Ph.D., Department of Physics Education

Abstract:

Non-formal education is practically ongoing today. There is a growing demand for leisure activities that will not only offer entertainment as such, but also broaden the horizons of participants in various areas. In their free time, people look not only for rest, but also for new challenges and stimuli, on which they test their skills and ability to respond to new situations. These activities include, for example, escape games.

Escape games usually require skill, knowledge and logical thinking to succeed. The game created in this work is composed of physical puzzles. Except one, all puzzles are based on problems that primary school students already face in physics classes. Puzzles combine concepts that were voiced at school with practical examples. Participants can try out for themselves how things work and solve puzzles with the help of physics.

The work contains detailed instructions so that potential candidates know how to prepare the game. It also contains a brief physical explanation of the individual physical principles used in the individual puzzles. The game was tested on six groups. Based on testing, some parts of the game have been modified and other recommendations have been added for anyone who would like to use the game in the future.

Keywords: Escape game, physics puzzles, extracurricular education, physics

## Obsah

<b>1</b>	<b>Neformální vzdělávání.....</b>	<b>9</b>
1.1.	Únikové hry.....	9
1.2.	Únikové hry a vzdělávání .....	9
<b>2</b>	<b>Fyzikální úniková hra.....</b>	<b>11</b>
2.1.	Obecné představení hry a její struktury .....	11
2.2.	Příběh.....	12
2.3.	Návaznost rébusů a jejich propojení .....	12
<b>3</b>	<b>Rozbor jednotlivých experimentů.....</b>	<b>16</b>
3.1.	Hustota nepravidelného tělesa.....	16
3.2.	Nápis z pilin .....	16
3.3.	Vodní hodiny.....	17
3.4.	Periskop .....	19
3.5.	Gelové kuličky.....	20
3.6.	Barvy .....	20
3.7.	Oheň z baterky.....	21
3.8.	Nápis gumovacím perem .....	22
<b>4</b>	<b>Rozbor jednotlivých experimentů z hlediska přípravy.....</b>	<b>24</b>
4.1.	Hustota nepravidelného tělesa.....	24
4.2.	Nápis z pilin .....	25
4.3.	Vodní hodiny.....	26
4.4.	Periskop .....	27
4.5.	Gelové kuličky.....	28
4.6.	Barvy .....	28
4.7.	Oheň z baterky.....	29
4.8.	Nápis gumovacím perem .....	30
4.8.1.	Ohřátí nápisu – mazání.....	30
4.8.2.	Ochlazení nápisu – zviditelnění .....	31
<b>5</b>	<b>Testování .....</b>	<b>33</b>
5.1.	Postřehy z jednotlivých testování .....	33
5.1.1.	První skupina.....	33
5.1.2.	Druhá skupina .....	34
5.1.3.	Třetí skupina .....	35
5.1.4.	Čtvrtá skupina .....	36
5.1.5.	Pátá skupina.....	37
5.1.6.	Šestá skupina.....	37
5.2.	Zpětná vazba účastníků z dotazníků.....	38

5.3.	Celkové shrnutí testování.....	41
<b>6</b>	<b>Přílohy pro organizátory .....</b>	<b>43</b>
6.1.	Příloha 1 – Seznam pomůcek a příprav k únikové hře + pomůcky pro účastníky..	43
6.2.	Příloha 2 – Co připravit pro jednotlivé rébusy .....	44
6.3.	Příloha 3 – Složka Jonatana Ericha.....	44
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>47</b>



# 1 Neformální vzdělávání

Neformálním vzděláváním rozumíme organizované, výchovně vzdělávací aktivity, které nespádají pod rámec oficiálního školního systému. Jejich úkolem je nejen osvojování různých dovedností, zkušeností, ale i upevňování vlastních postojů a hodnot (Průcha, 2009).

Jednou z možností neformálního vzdělávání je tzv. Edutainment (složení slov education = vzdělávání, entertainment = zábava):

*„Edutainment je specifický druh zábavy, jejímž prostřednictvím se zúčastněný může vzdělávat (ve smyslu získávat informace z různých oblastí života) nebo může být vychováván (ve smyslu ovlivňování jeho postojů, hodnot, vzorců chování). Edukace v takovém případě probíhá, aniž by si to dotyčný plně uvědomoval. Využívá se při ní nových prostředků, např. prvků zážitkové a mediální pedagogiky, pracuje se s virtuální realitou nebo s informačními technologiemi.“ (Průcha, 2009, s. 498).*

Snaha o zprostředkování a osvojení si nových informací, získání nových zkušeností pomocí zážitku, zábavné aktivity apod. není nijak novou nebo revoluční myšlenkou. U nás všeobecně známý J. A. Komenský, jehož jméno je pro nás úzce spojováno s myšlenkou „škola hrou“, nebyl zdaleka první, kdo se snažil tímto způsobem zpestřit proces vzdělávání. Již v průběhu renesance můžeme vidět snahy různých myslitelů humanizovat proces vzdělávání, vtisknout mu zábavnější, a především lákavější podobu.

S rostoucím vzděláním populace (Odbor statistiky obyvatelstva, 2014) roste i poptávka po zábavném vzdělávání a zábavných vzdělávacích volnočasových aktivitách. To se týká například tradičních muzeí, která mimo jiné zařazují ke klasickým „exponátům za sklem“ i 3D počítačové modely, obrazovky přehrávající procesy vytváření dobových předmětů, simulace přírodních dějů apod., pořádání zážitkových dnů atd. Vznikají a rozvíjejí se střediska volného času, zábavně-vzdělávací parky, tzv. brandlands – podnikové parky, které vznikají při velkých továrnách a národních koncernech. Mezi takové parky patří např. Legoland. Samozřejmě ne všechny produkty zábavního průmyslu předkládají kvalitní vzdělávací podněty.

Oblastí edutainmentu, kde se využívají fyzikální znalosti, je více. Jsou to např. technická zábavní centra, vzdělávací kroužky ve školách a volnočasových centrech, skaut, únikové hry a další.

Přestože všechny výše zmíněné oblasti využívají znalostí fyziky a mohou obsahovat fyzikální rébusy, zaměříme se nyní na fyzikální rébusy obsažené v únikových hrách.

## 1.1. Únikové hry

V únikové hře řeší účastníci sérii rébusů, která je vede k vyřešení předloženého úkolu. Koncept únikových her je poměrně nová záležitost. Přestože již dříve aktivity nesly prvky únikových her a jejich pojetí je inspirováno již dříve publikovanými videohrami ve stylu escape-the-room. První moderní verze únikové hry byla představena až v roce 2003. Jedná se o „True Dungeon“ v Indianapolis (Escape room, n.d.).

Obecně se počet účastníků únikových her zpravidla pohybuje mezi 2-6, ale existují i hry pro jednoho, ale i například pro 30 hráčů (zde se jedná většinou o několik týmů řešících stejný úkol najednou, avšak nezávisle na sobě). Únikové hry mají obvykle stanovený časový limit, ale zároveň se účastníci pokouší splnit úkol v co nejkratším možném čase, který porovnává jejich výkon s výkony ostatních skupin.

## 1.2. Únikové hry a vzdělávání

V dnešním rychle se měnícím světě hledáme v rámci vzdělávání metody říkající nejen jakým způsobem nejefektivněji předávat žákům znalosti, jakým způsobem držet krok v rámci učiva s novými poznatky i změnami společnosti, ale také způsoby, jak v žácích samotných vzbuzovat zájem a chuť do vzdělávání se a poznávání světa okolo nás.

Jednou z těchto metod neformálního vzdělávání jsou i vzdělávací únikové hry. Vzdělávání pomocí únikových her se věnují vzdělávací centra, vědecká střediska, knihovny i školy.

Balíčky únikových her jsou nabízeny například na webových stránkách *BreakoutEDU* (n.d.) a *The escape classroom* (2016) (tyto zdroje jsou v angličtině a nabízí školám jednotlivé hry i celé sety únikových her).

I v České republice se již najdou jednotlivci, kteří na své škole únikové hry v rámci výuky používají a vytvářejí.

Na výuku pomocí únikových her a jejich využití byla vypracována řada studií. Zkoumaly způsoby předávání učiva touto formou, jak tyto způsoby vnímají samotní studenti, i jaký je jejich názor na samotnou přínosnost těchto aktivit. Studií únikových her z prostředí fyziky není mnoho, přesto jich bylo několik publikováno. Příkladem mohou být studie *Fluid Dynamics Knowledge Comparison of Students with Different Educational Background* (Vörös a kol., 2020), která se zabývala srovnáním znalostí studentů z devátých a jedenáctých ročníků několika škol v Rumunsku a Maďarsku, a studie *Physics escape room as an educational tool* (Vörös & Sárközi, 2017), která se zabývá využitím únikové hry jako možného prostředku seznamování se s novými informacemi a ověřením jejich pochopení.

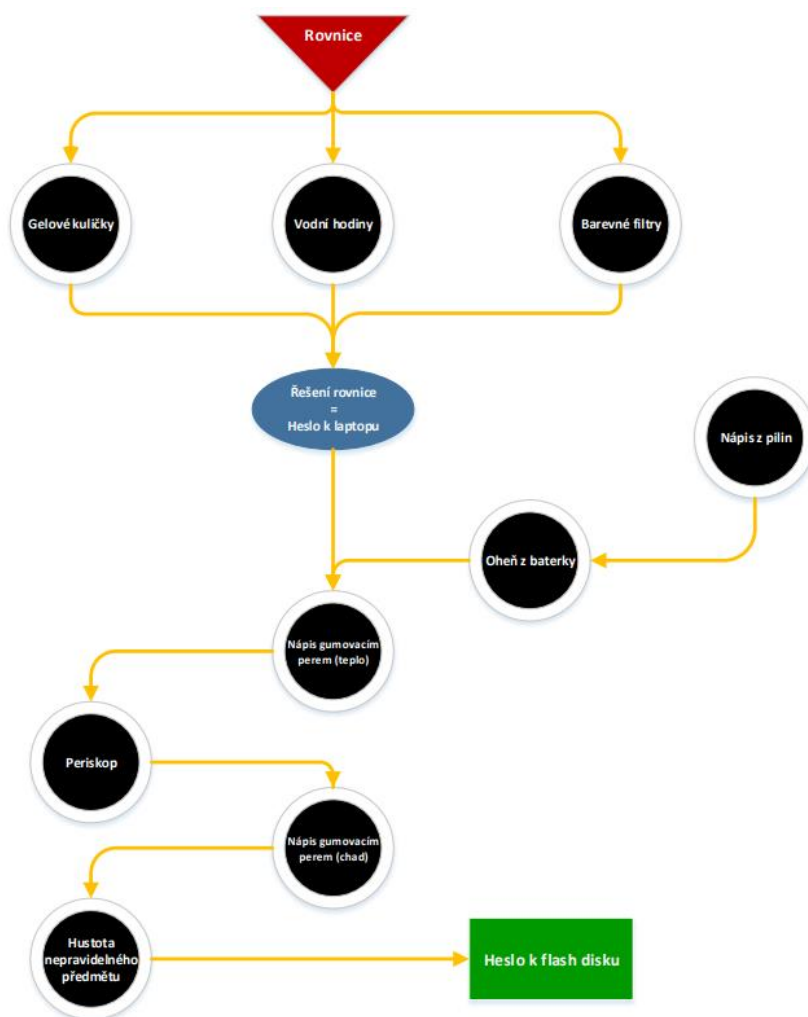
## 2 Fyzikální úniková hra

Hlavní náplní této práce je vytvoření vlastní únikové hry, jejíž jednotlivé rébusy budou založeny na fyzikálních jevech, zároveň je však kladen důraz také na to, aby hra nevyžadovala příliš mnoho času na přípravu a potřebné materiály byly cenově dobře dostupné a snadno sehnatelné. Snahou práce je tak především vytvořit únikovou hru, která svými nároky a náklady na přípravu organizátora neodradí a bude tak přístupná širšímu počtu lidí.

Hra je určena primárně pro volnočasové využití, nikoliv přímo pro školní výuku. Zejména protože pro takto vytvořené hry je ideální počet účastníků čtyři. Hra je použitelná i pro větší počet účastníků, ale při větším počtu, například šest, už může dojít k tomu, že při rovnoměrnějším rozdělení úkolů nebude pro jednotlivé účastníky tolik příležitostí se zapojit a jednotlivé úlohy vyřešit. Situace může takto sklouznout k tomu, že rébusy budou řešit jen rychlejší z účastníků a zbytek nedostane dostatečnou příležitost se zapojit. K tomu by mohlo dojít především u částí, kde nelze řešit více úloh najednou. Proto jsme stanovili doporučený počet účastníků na čtyři. Věkově je hra koncipována pro účastníky ve věku 14-16 let, tedy přibližně přelom základní a střední školy, ačkoli testování ukázalo, že hru ocení i starší účastníci.

### 2.1. Obecné představení hry a její struktury

Samotná úniková hra obsahuje devět fyzikálních rébusů, které jsou vzájemně provázány dalšími logickými úkoly. Některé úkoly je potřeba řešit souběžně a bez jejich společného vyřešení není možné postoupit dál, další úkoly pak navazují jeden na druhý (viz *Obrázek 1*).



Obrázek 1 - Schéma návaznosti jednotlivých rébusů v únikové hře

## 2.2. Příběh

Úvodní příběh, který účastníci zjistí před únikovou hrou, je následující:

*Dne 21. 5. 2089 Národní úřad pro letectví a vesmír v Houstonu odhalil velký asteroid, který se blíží k Zemi. První zděšení opadlo, když vědci určili šanci střetu se zemí jako 1:12 000 000. Nicméně, když byly o osm dní později výsledky zpřesněny, ukázalo se, že riziko kolize vzrostlo na 1:500. Vědecké společnosti po celém světě byly zalarmovány a začaly intenzivně hledat řešení, jak této kolizi zabránit. Přestože během války technika i zbraňové systémy učinily významný pokrok, stále se vědcům nepodařilo najít způsob, jak spolehlivě zničit, nebo alespoň vychýlit asteroid takovýchto rozměrů z jeho trajektorie. Čas se neúprosně krátí a odhadované výpočty ukazují stále větší pravděpodobnost srážky. Mezitím byl termín dopadu určen na 6. 1.2090.*

*24. 6. 2089 kontaktoval Národní úřad pro letectví a vesmír profesor Jonatan Erlich, svého času světový špičkový odborník na vesmírná tělesa, a především výpočty ohledně jejich pohybu. Naděje opět zahořela. Profesor ve zprávě naznačil možné řešení a slíbil, že hned druhý den odletí do Houstonu, kde bude prezentovat své výpočty přesné trajektorie asteroidu i novou techniku jeho odklonění, na které pracoval posledních několik let. Jenže profesor v očekávaném termínu nedorazil, stal se obětí dopravní nehody a nyní je v nemocnici udržován v umělém spánku. Lékaři jsou k jeho stavu dost skeptičtí a čas neúprosně utíká...*

*Protože profesor žádné materiály předem neposlal a jeho stav zůstává i 28. července stále stejně špatný, bez náznaků zlepšení, bude potřeba, aby byl jeho byt prohledán pracovníky z místní univerzity a profesorova práce poslána do Houstonu. Výpočty profesora Erlicha jsou možná poslední nadějí pro Zemi...*

## 2.3. Návaznost rébusů a jejich propojení

Schéma provázanosti rébusů a řešení jejich pořadí jsme si v krátkosti ukázali v podkapitole 2.1. Nyní se zaměříme na konkrétní spojení jednotlivých částí a toho, co bude potřeba připravit. Jednotlivé pomůcky s užitečnými poznámkami a zkrácená verze popisu přípravy je přiložena v příloze práce. Nyní si únikovou hru projdeme krok za krokem a popíšeme si, co vše budou muset účastníci odhalit a vyřešit.

Zadání únikové hry je následující: *Získejte v profesorově bytě informace k danému případu a odešlete na příslušnou emailovou adresu. V maximálním daném čase 120 min.*

(Další materiály k zadání naleznete v kapitole 6.)

Úspěšnost účastníků v únikové hře můžeme rozdělit pro zpestření hry podle úrovní (časové intervaly lze samozřejmě upravit podle složení skupin účastníků). Pro naše testování tabulka vypadá následovně:

Úroveň	čas
Neuspěl	> 120 min
Začátečník	119–100 min
Pokročilý	99–80 min
Expert	69–50 min
Mistr	<50 min

Tabulka 1 - Úrovně dokončení podle času

Účastníci dostanou před vstupem do místnosti složku sepsaných výpovědí od lidí z profesora okolí, které by mohly obsahovat užitečné informace, ve kterých jsou popisné informace profesora chování, zvyků, charakteristických vlastností a podobně. Samozřejmě jen některé informace jsou nápovědou k tomu, jak postupovat, jiné jsou zbytečné.

Užitečné informace pro případ jsou zejména tyto dvě: Po autonehodě před 5 lety má profesor občas problémy s pamětí. Proto si důležité informace jako hesla důmyslně ukrývá ve svém okolí tak, aby v případě, že si nevpomene, mohl z ukrytých informací heslo sestavit, ale zároveň tak, aby bylo pro ostatní velmi obtížné najít všechny části, a bylo tak znemožněno komukoliv dalšímu heslo použít. Druhou nápovědou je upozornění na profesora podivný zvyk, vždy po příchodu do své pracovny zaléval vázu s květinou na stole.

Pokud účastníci použijí druhou nápovědu, zjistí, že po zalití květiny, která stojí v průhledné nádobě naplněné gelovými kuličkami, se objeví nápis:  $p = 7$ . Při prohledávání pokoje najdou pouzdro s laptopem, na jehož spodní straně bude nalepený štítek:

$$\begin{array}{l} \mathfrak{N} \qquad \qquad \qquad \text{Heslo} \\ ax + by + cz - d = py \\ (y, c, d, z, x, x) \end{array}$$

V knihách ležících na stole najdou vložený papírek s tabulkou, která ukazuje objemy, časy a čísla kelímků u vodních hodin:

Neznámé	Nádoba číslo	objem vody [ml]	Čas [s]
b	3	500	78
d	2	500	39
a	1	300	18
c	2	300	32

Tabulka 2 - Zadání k vodním hodinám

Na druhé straně tabulky bude také symbol " $\mathfrak{N}$ " a také jednoduchý náčrtek dvou kelímků na sobě. Poslední dvě zbývající neznámé  $x$  a  $y$  jsou ukryté v jednom z obrázků na profesorově stole. Dva obrázky jsou tvořené desítkami barevných teček. Na první pohled ani jeden z obrázků není ničím zajímavý, ale pokud se na ně podíváme přes červenou fólii, která bude v profesorově šuplíku také se symbolem " $\mathfrak{N}$ ", uvidíme nápis složený ze zelených teček, který nám prozradí obě chybějící neznámé. V rovnici je tedy celkem 8 neznámých – čtyři z nich lze určit pomocí vodních hodin, 2 další jsou ukryté na obrázku na stole a sedmá je v nádobě s květinou. Poslední neznámou  $z$  je nutné dopočítat.

Neznámé	Hodnota	Experiment
a	5	Vodní hodiny
b	3	Vodní hodiny
c	3	Vodní hodiny
d	6	Vodní hodiny
x	1	Barvy
y	5	Barvy
z	? (7)	Určí se z rovnice
p	7	Gelové kuličky

*Tabulka 3 - Hodnoty všech neznámých rovnice pro heslo k laptopu*

Pokud tedy účastníci doplní hodnoty za  $(y, c, d, z, x, x)$ , dostanou (5, 3, 6, 7, 1, 1). Heslo k profesorovu počítači je 536711. Když se účastníci přihlásí k počítači, plocha je prázdná až na koš a soubor vpravo nahoře. Když ho účastníci rozkliknou, naleznou zde nápis *PP DV JRRT*. Mezi profesorovými knihami v knihovně najdou knihu, na níž iniciály odkazují. V ní najdou vložený papír, na kterém bude runový nápis.<sup>1</sup>

Nyní je potřeba, aby účastníci použili další z rámečků na profesorově stole (viz. *Obrázek 2*). Mimo obrázku podkovy s magnetem budou potřebovat ještě nádobu s pilinami, kterými je potřeba zarámovaný obrázek posypat.



*Obrázek 2 - Rébus s pilinami*

Piliny odhalí nápis: „*Runy a teplo ví víc*“. Nyní je na účastnících, aby si sehnali zdroj tepla. V místnosti najdou, mimo jiné, svíčku, baterii a alobal. Pokud se předpokládá, že se účastníci ještě nesetkali se zapalováním svíčky díky baterii a alobalu, pak je možné někde v profesorově pokoji ukrýt návod k tomuto experimentu.

Až se účastníkům podaří zapálit svíčku a přiloží papír s runami ke zdroji tepla, zmizí část textu psaná gumovacím perem a na papíře zůstane jen nápověda k dalšímu pokračování:

*Dlouhá a hubená krabice ukrývá víc,  
bez světla a odrazu však nebude nic.*

Úniková hra tedy pokračuje s dlouhou krabicí ležící stranou, která má dva otvory. Je zalepená tak, že nejde otevřít. Jediný způsob, jak lze odhalit její tajemství, je do jednoho otvoru umístit zrcátko a druhým posvítit baterkou a prohlédnout vnitřek krabice. Uvnitř krabice je nápis:

*Runy a mráz  
vedou dál zas.*

<sup>1</sup> Při výběru knihy, a tedy i psaní nápisu do textového souboru, záleží na konkrétním pořadateli, co má k dispozici a „co má tedy jeho profesor rád“. My jsme použili nápis runami, protože do run se snadno ukryje nápis klasickými písmeny. Proto je také zvolena kniha *Pán Prstenů: Dvě věže* J. R. R. Tolkiena od nakladatelství ARGO (2007), protože její přebal je mimo jiné ozdobený runami, a proto není tak zarážející, že je v knize vložen lístek, na kterém jsou runy.

Posledním rébusem je odhalit nápis napsaný na papíře pomocí chladícího spreje. Na papíře byla gumovacím perem napsána další nápověda. Tu je možno přečíst jen pokud se papír dostatečně ochladí. K tomu slouží chladící sprej. Ten však nelze stříkat přímo na papír, je potřeba zajistit, aby chladící sprej papír nerozmočil. Nejlepší způsob je položit přes papír potravinovou fólii, která je slabá, takže sprej bude stále dobře chladit, protože ho potravinová fólie tepelně neodizoluje, ale zároveň ochrání papír před vlhkostí a papír se nezničí, takže nápis bude stále čitelný. Tento poslední nápis ukrytý na papíře s runami odhalí účastníkům, že všechna potřebná dokumentace je na flash disku. Heslo k flash disku se pak určí pomocí hustoty zadaného předmětu. Nyní se účastníci dostanou k informacím na flash disku a mohou dát vědět nadřízeným, že našli ukryté profesorovy materiály. Úniková hra končí tím, že účastníci pošlou dané materiály na zadanou emailovou adresu.

### 3 Rozbor jednotlivých experimentů

Ve druhé kapitole jsme si představili příběh únikové hry a hru jako takovou. Tato část je určena zejména těm, kdo budou únikovou hru připravovat. Hlavním cílem této kapitoly je si v krátkosti fyzikálně rozebrat jednotlivé části. U každého experimentu se podíváme na fyzikální vysvětlení, kterému bude předcházet krátké shrnutí fyzikální podstaty. Krátké shrnutí má za cíl jen v jednoduchosti popsat fyzikální princip hádanky pro ty, kdo chtějí pomocí této práce připravit hru, ale nemají zájem o podrobnější rozbor fyzikální problematiky za pokusem. Kapitola tedy slouží jednak pro samotné „pořadatele“ hry, aby si sami ujasnili, v čem jednotlivé rébusy spočívají (a případně mohli přizpůsobit prostředí, dodatečné nápovědy, které by mohly konkrétní skupiny potřebovat – jako nápovědu obrázkem pro mladší účastníky, kteří se s některými fyzikálními jevy nemuseli setkat). Také by ale měla tato část připravit „pořadatele“ na případné otázky po skončení hry k tomu, jak která část funguje a proč.

Přestože úniková hra není primárně navržena pro využití ve školní praxi, zejména protože je určena pro menší skupinu lidí a nelze ji udělat najednou na jednom místě pro 20 či více žáků, budeme o jednotlivých rébusech mluvit jako o experimentu na dané téma. Hlavním důvodem toho je, že samotný rébus lze použít ve škole jako experiment k demonstraci fyzikálního jevu k danému tématu. Jen poslední rébus nebude v celém rozsahu hodin fyziky na SŠ nebo ZŠ dobře použitelný jako experiment, protože jeho vysvětlení je velmi komplexní a komplikované. Mohl by však být využit jako ukázka, že teplota látek může měnit jejich vlastnosti, ale vysvětlení konkrétních dějů je pro žáky příliš složité.

#### 3.1. Hustota nepravidelného tělesa

##### Fyzika stojící za rébusem

*Hustota je fyzikální veličina, která říká, jakou hmotnost má daná látka o jednotkovém objemu. Lze ji vyjádřit vztahem*

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

*kde  $m$  je hmotnost a  $V$  je objem. Můžeme ji určit na základě výpočtu po zvážení tělesa a změření objemu odměrným válcem.*

K vyřešení tohoto rébusu je třeba využít znalostí, které by měli mít žáci už po ukončení 6. třídy ZŠ. K samotnému řešení stačí vědět definiční vztah pro výpočet hustoty (1) a to, jakým způsobem lze experimentálně určit objem tělesa. Účastníci by měli v místnosti nalézt kuchyňskou váhu i odměrný válec (popřípadě kuchyňskou odměrku s dostatečně jemnou stupnicí).

#### 3.2. Nápis z pilin

##### Fyzika stojící za rébusem

*Trvalý (permanentní) magnet kolem sebe vytváří magnetické pole, které silově působí na okolní předměty z feromagnetické látky.<sup>2</sup> Toto působení se projeví právě tím, že se magnet a tyto látky vzájemně přitahují.*

Magnetické pole je druh silového pole, které v našem případě vytvoříme permanentním magnetem (magnetické pole vytváří také vodič s procházejícím elektrickým proudem, pohybující se elektricky nabitě těleso i proměnné elektrické pole). Pokud do pole vložíme feromagnetickou látku jako železné piliny, budou k magnetu přitahovány. Co ale způsobuje tuto přitažlivost? Kde se magnetické pole vezme?

Můžeme říct, že magnetismus a elektřina jsou dvě strany jedné mince. To, kde se magnetické pole vezme, začíná už na úrovni částic v atomech. Proton i elektron mají totiž také magnetické

---

<sup>2</sup> Feromagnetická látka je látka, která se v přítomnosti permanentního magnetu sama stává magnetickou a zesiluje magnetické pole permanentního magnetu. Jedná se především o železo, ale i kobalt, nikl, ocel a další.



vlastnosti s tím, že magnetické vlastnosti elektronu jsou asi  $1000\times$  větší než magnetické vlastnosti protonu, takže magnetické pole atomu proton prakticky neovlivní. Ale ani samotné magnetické vlastnosti elektronu nestačí, abychom mohli látku prohlásit za magnetickou či zmagnetizovatelnou. Protože elektrony se v atomech vyskytují v párech, kde mají oba elektrony (podle tzv. Pauliho vylučovacího principu) opačnou orientaci, a tedy jejich magnetické účinky se navzájem vyruší. Jediný případ, kdy se magnetické vlastnosti elektronů projeví, je, když atomový orbital není zcela zaplněný, pak na dané energetické hladině mohou být elektrony, které k sobě nemají druhý opačně orientovaný elektron, který by jejich působení vyrušil. Tak mohou určité prvky na úrovni atomů vytvářet magnetické pole. Jedná se například o atomy niklu, kobaltu, železa, hořčíku a chromu. Ani to ovšem nezaručuje magnetické vlastnosti materiálu, neboť látka obsahuje obrovské množství atomů, které mohou být různě orientované a tím pádem se mohou magnetické účinky navzájem vyrušit. Což je třeba případ hořčíku nebo chromu. Pokud ale magnetická orientace atomů převládá v nějakém kousku látky jedním směrem, pak už může tento kousek materiálu mít magnetické pole. Ani to však není dostatečné, protože látka se může skládat z mnoha takovýchto kousků, které budou každý jinak orientovaný. Pokud pak takovouto látku vložíme do magnetického pole, orientace jednotlivých dílků – domén – se zorientuje podle vnějšího magnetického pole a látka se stává magnetickou. Magneticky měkké látky po vyjmutí z magnetického pole magnetické vlastnosti opět ztrácí a látka sama o sobě není magnetická.

Právě toho se využívá v tomto rébusu. Magnetické piliny se dostanou do magnetického pole neodymové pásky. Magnetické domény v pilinách se orientují podle magnetického pole a pilina se stává magnetickou. Přestože magnetické pole vytvořené z nastříhané pásky na úzké proužky není nijak zvlášť silné, lehké piliny jsou jím snadno přitahovány. Díky tomu, že se piliny samy stanou magnetickými, působí pak i na další piliny okolo sebe a zesilují účinek magnetického pole.

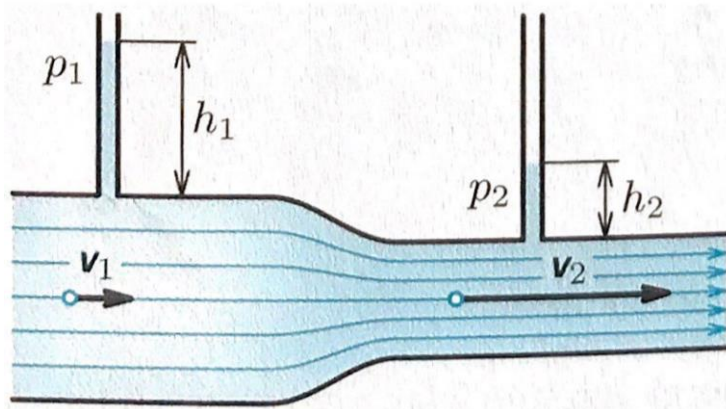
### 3.3. Vodní hodiny

#### Fyzika stojící za rébusem

*Princip nezákladnějších vodních hodin spočívá v konstantním čase, po který trvá vytečení daného objemu vody z nádoby. Samotný průtok vody otvorem v nádobě není konstantní, ale závisí na výšce hladiny v nádobě. S klesající hladinou klesá i rychlost výtoku.*

Vodní hodiny jsou jedním z prvních prostředků, které se v historii používaly k měření času. Zde se nejednalo ani tak o měření denního času jako o odměřování intervalů. Pozdější vodní hodiny byly o mnoho sofistikovanější. Náš experiment si ale vystačí se základním principem – měření časového intervalu pomocí vody, která proteče otvorem v kelímku. Jediným rozdílem bude, že my budeme měřit čas na stopkách a budeme sledovat, jak vysoko vystoupá voda, která vyteče z vodních hodin. Experiment ovlivňují 2 parametry: Jak moc počáteční kelímek naplníme (výška vodního sloupce) a velikost otvoru.

Princip rychlosti průtoku vody lze snadno odvodit z Bernoulliho rovnice, která má tvar:



Obrázek 3 - Proudící kapalina pro k vyjádření Bernoulliho rovnice

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_1 + \rho g h_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_2 + \rho g h_2, \quad (2)$$

kde  $\rho$  je hustota,  $v_1, v_2$  jsou rychlosti kapaliny v daném místě,  $p_1, p_2$  jsou tlaky v kapalině v příslušných místech,  $h_1, h_2$  jsou výšky vody v trubicích nad zvolenou rovinou nulové potenciální energie a  $g$  je gravitační konstanta. Parametry jsou znázorněny v *Obrázku 3* (Svoboda a kol., 2016).

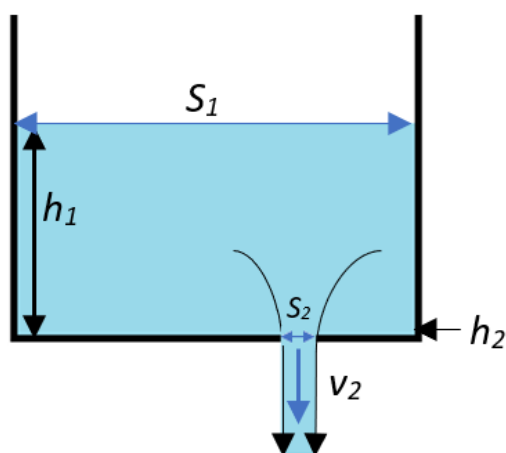
Z Bernoulliho rovnice můžeme výtokovou rychlost odvodit například takto (viz *Obrázek 4*):

- Vybereme 2 průřezy – první  $S_1$  bude hladina vody v nádobě, druhý bude otvor, jímž vytéká voda  $S_2$ .
- Protože rozdíl výšek  $h_1$  a  $h_2$  není nijak výrazný, bude zanedbatelný a tlaky budou téměř stejné a tedy  $p_1 = p_2$  (můžeme je tedy odečíst).
- Jako další, pro nulovou hladinu zvolíme jako výšku hladiny  $h_2$  (tím vypadne člen  $\rho g h_2$ ).
  - Tím dostaneme vztah:

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2, \quad (3)$$

- Využijeme rovnici kontinuity, která má tvar:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2. \quad (4)$$



*Obrázek 4 - Obrázek pro odvození výtokové rychlosti*

- Z ní vyjádříme  $v_1$  pomocí poměru průřezů a rychlosti  $v_2$ , pak při dosazení do rovnice (3) a několika drobných úpravách (vydělení obou stran rovnice  $\rho$  a vynásobení dvěma) můžeme rychlost  $v_2$  snadno vyjádřit:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh_1}{1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}}}. \quad (5)$$

Vzhledem k tomu, že průměr námi použitého kelímku je asi 8 cm a otvor ve dně kelímku má průměr okolo 1 mm, pak jejich poměr vychází menší než  $2,4 \cdot 10^{-8}$ , proto můžeme říct, že jmenovatel je přibližně 1 a díky tomu je možné použít jednodušší vztah pro výtokovou rychlost (Torricelliho vztah, někdy také Torricelliho zákon):

$$v_2 = \sqrt{2gh}.^3 \quad (6)$$

<sup>3</sup> Vztah (6) můžeme odvodit i jinak než přímo z Bernoulliho rovnice. Alternativní odvození výtokové rychlosti plyne ze zákona zachování energie, které je popsáno například zde: (Vybíral, 2003)

Ze vzorce plyne, že rychlost závisí pouze na výšce vodního sloupce. Objemový průtok pak závisí kromě rychlosti ještě na velikosti průřezu. Tyto vztahy jsou samozřejmě pouze modelovou situací pro ideální kapalinu. Reálná kapalina na rozdíl od ideální není dokonale tekutá. Nejen, že uvnitř kapaliny působí vnitřní tření, ale také svou roli bude u otvoru hrát i povrchové napětí kapaliny v oblasti otvoru. Oba tyto faktory sníží rychlost toku vody. Pokud by byl otvor velmi malý, mohlo by povrchové napětí dokonce tok vody zastavit. Stejně to platí pro malý otvor v případě, že v kelímku bude už málo vody, povrchové napětí pak tok vody opět zastaví.

Jak vnitřní tření, tak povrchové napětí nelze v našem experimentu zanedbat, protože při testování průtoku se občas stávalo, že voda přestala na chvíli téct. Krátká měření to pak významně ovlivnilo, proto je dobré volit dostatečně velké otvory nebo dostatečně dlouhé intervaly, aby se nerovnoměrnost toku vody z kelímku vyrovnala.

### 3.4. Periskop

#### **Fyzika stojící za rébusem**

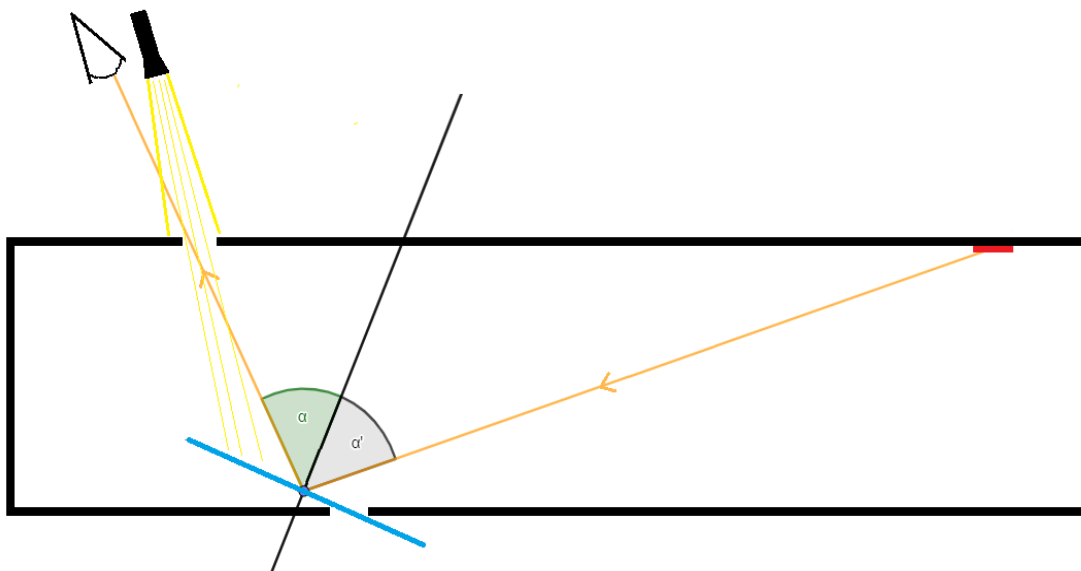
*Světelné paprsky se odrážejí od lesklých ploch. Díky odrazu můžeme paprsky nasměrovat i do místa, kde bychom je předtím neviděli. Tak může například zubař vhodným umístěním zubního zrcátka zkontrolovat zub ze všech vnějších stran. Stejně tomu je i v naší úloze, kde vhodně umístěným zrcátkem účastníci prohlédnou vnitřek krabičky.*

Ačkoliv se v tomto experimentu nejedná přímo o periskop, využijeme částečně jeho možnosti „vidět za roh“. Fyzikálně zde tedy využíváme vlastnosti zrcadla, ale na rozdíl od periskopu, který obsahuje dvě zrcadla, pracujeme pouze s jedním. S využitím baterky a se správnou polohou zrcadla můžeme najít ukrytou zprávu uvnitř krabičky. V geometrické optice popisujeme schopnost pozorovatele vidět/nevidět předmět pomocí svazku paprsků vycházejících z předmětu. Pokud paprsek vycházející z předmětu dopadá do oka pozorovatele, pozorovatel předmět vidí, pokud je předmět zacloněn překážkou, pozorovatel není schopen předmět vidět. Pokud ale vhodně umístíme zrcadlo, pozorovatel může předmět vidět díky paprskům, které původně do oka nesměřovaly. To dává pozorovateli možnost zahlédnout zdánlivý obraz předmětu, který byl předtím díky překážce nepozorovatelný. Toho se využívá i v našem experimentu (viz *Obrázek 5*).

Zrcadlo zpravidla tvoří skleněná deska, na jejíž zadní stěnu je nanášena tenká vrstva hliníku. Tato vrstva zajišťuje právě odraz světelných paprsků. Pro popis odrazu používáme zákon odrazu, který říká:

*Úhel odrazu je roven úhlu dopadu a odražený paprsek zůstává v rovině dopadu určené dopadajícím paprskem a kolmicí dopadu.*

V našem experimentu účastníci musí najít takovou polohu zrcátka, kdy osa úhlu, který svírá paprsek vycházející z nápisu v krabičce (v *Obrázku 5* značeno červeně), a směru, kterým se dívá pozorovatel do krabičky, bude kolmá na rovinu zrcátka. Tím bude splněn zákon odrazu a pozorovatel bude schopen zahlédnout nápovědu ukrytou v krabičce.



Obrázek 5 - Schéma umístění zrcátka otvorem v krabíčce

### 3.5. Gelové kuličky

#### Fyzika stojící za rébusem

Světlo procházející nehomogenním prostředím tvořeným gelovými kuličkami a vzduchem se láme. K lomu dochází vždy na rozhraní gelová kulička-vzduch. Těchto lomů je ve sklenici s gelovými kuličkami mnoho, proto se světlo rozptyluje. Nalitím vody do sklenice se změní rozhraní na kulička-voda a protože obě mají téměř stejné optické vlastnosti, světlo se na rozhraních téměř přestane rozptylovat.

Stejně jako u předchozího rébusu pro vysvětlení budeme muset zaměřit do optiky. Tentokrát se ale jedná o lom světla. Nádoba je naplněna gelovými kuličkami, mezi kterými je ukryt nápis. Světlo prochází skrz gelové kuličky, protože ale gelové kuličky mají jiný index lomu než vzduch (lom světla na rozhraní dvou prostředí spočívá ve změně rychlosti šíření světla v daném prostředí), světlo se při průchodu tímto prostředím láme na mnoha místech a svazek paprsků se v prostředí rozptyluje ( $n_{\text{vzduch}} = 1,00$ ;  $n_{\text{voda}} = 1,33$ ; gelové kuličky tvoří (po nasáknutí vodou) z 95-98% voda, proto jejich index lomu odpovídá přibližně indexu lomu vody). Pokud se do kelímku mezi gelové kuličky nalije voda, stává se prostředí téměř homogenním a pro nás v tomto případě i průhledným.

### 3.6. Barvy

#### Fyzika stojící za rébusem

Barva, kterou se nám objekty okolo nás jeví, závisí na dvou faktorech – na barevném spektru dopadajícího záření a na vlastnostech samotného objektu. Tyto dva faktory následně ovlivní světlo, které je pohlceno, odraženo, či propuštěno. Barva odraženého světla odpovídá barvě, kterou vidíme.

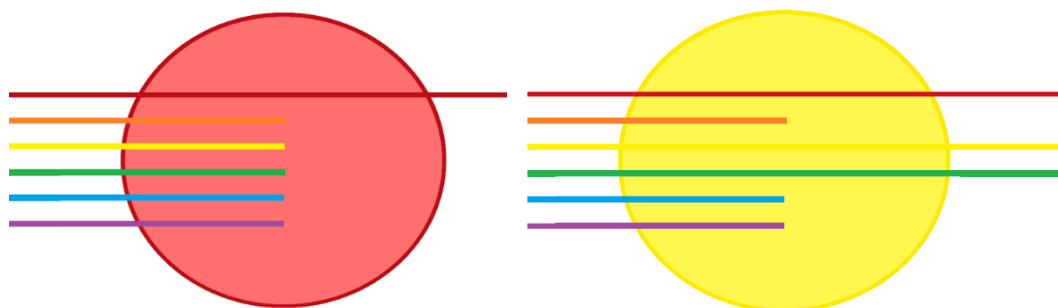
Objekty, skrz které vidíme, dělíme na dva typy – průhledné a průsvitné. Rozdíl spočívá v tom, zda v daných optických prostředích dochází k rozptylu vlnění či nikoliv. V průhledném prostředí k rozptylu nedochází a propouští téměř veškeré světlo, zatímco v průsvitném se světlo částečně rozptyluje, tedy propouští jen část barevného spektra. Množství propouštěného světla určuje, jak dobře je skrz látku vidět. Pokud propouštějí málo světla, může se stát, že

přes ně nevidíme nic, jen budeme schopni rozlišit, zda za nimi zdroj světla je, nebo není. Typickým příkladem mohou být barevné plastové lahve. Barva průsvitných materiálů je dána právě tím, jakou část barevného spektra nejvíc propouští. Klasické bílé světlo obsahuje všechny barevné vlnové délky. Pokud máme modrou plastovou lahev, znamená to, že tento plast propouští nejvíce část spektra, která odpovídá vlnové délce modré barvy.

Právě na tomto principu fungují barevné filtry. Pokud bychom tedy měli zdroj bílého světla a zastínili ho modrým filtrem, prošlo by jen světlo odpovídající modré vlnové délce. Pokud bychom se skrz tento filtr dívali na bílý papír, jevil by se nám modrý. Pokud bychom se skrz tento filtr dívali na červený papír, papír by se jevil černý, protože filtr by propouštěl jen modrou vlnovou délku světla. To platí pro tzv. RGB barvy (červená, zelená, modrá). Pokud budeme mít filtr jiné barvy než základní (jiné než RGB), bude filtr propouštět mimo vlnových délek barvy odpovídající barvě filtru ještě vlnové délky barev primárních, jejichž složením tato barva vzniká (pokud se nejedná o monochromatické světlo).

Samotné světlo může být buď monochromatické (světlo jen jedné vlnové délky), případně složené z více barev. Pokud světlo dopadá na filtr jiné barvy, jsou dvě možnosti. Pokud je monochromatické, nic se nepropustí. Pokud je složené, pak projde jen vlnová délka světla, která odpovídá barvě filtru. Pokud je složené, ale žádná vlnová délka neodpovídá barvě filtru, pak opět neprojde nic.

Například žlutý filtr bude, mimo vlnových délek vlastní barvy, částečně propouštět i vlnové délky spektra odpovídající červené a zelené barvě. Pokud tedy hledíme přes červený filtr na papír, kde budou například zelené a červené tečky, tak červené tečky nebudou příliš zřetelné, protože mají barvu podobnou filtru, ale zelené tečky budou výraznější, protože se našemu oku



Obrázek 6 - Schématické znázornění fungování barevných filtrů

budou zdát černé (Carnegie a kol., 2020).<sup>4</sup>

### 3.7. Oheň z baterky

#### Fyzika stojící za pokusem

*Odpor vodiče, jímž prochází elektrický proud, je příčinou zahřívání vodiče.*

Každý vodič se průchodem elektrického proudu zahřívá. K ohřívání dochází díky interakci nosičů elektrického náboje (volných elektronů) s atomy vodiče. Pohybující se volné elektrony předávají energii atomům mřížky vodiče, která se takto mění na vnitřní energii. Část elektrické energie se tak vlastně tímto způsobem mění na teplo. Tomuto teplu říkáme Jouleovo. Čím vyšší je odpor, tím více se vodič zahřívá. Elektrický odpor drátu můžeme charakterizovat vztahem:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (4)$$

<sup>4</sup> Podrobnější a velmi pěkné vysvětlení lze najít právě ve výše uvedeném videu na YT (Carnegie a kol., 2020) s názvem: *GCSE Physics – Visible Light and Colour #71*

kde  $\rho$  je měrný elektrický odpor,  $l$  je délka vodiče a  $S$  je plocha průřezu vodiče. Zde můžeme vidět, že odpor závisí na průřezu vodiče nepřímo úměrně, tedy čím užší průřez, tím vyšší odpor. Čím užší máme vodič, tím jej můžeme rozžhavit na vyšší teplotu. Pro Jouleovo teplo platí vztah:

$$Q = RI^2t, \quad (5)$$

kde  $R$  je elektrický odpor vodiče,  $I$  je elektrický proud a  $t$  je čas, po který proud vodičem prochází. Příkladem takového využití je například klasická žárovka, kde je úzký wolframový vodič rozžhaven na teplotu okolo 2500 °C. Pro nás bude v našem experimentu stačit, když dosáhneme dostatečné teploty pro zapálení papíru. Pro papír je teplota vzplanutí přibližně 240 °C, teplota vznícení 350 °C. Jako teplotu vzplanutí definujeme nejnižší teplotu vzduchu proudícího kolem vzorku, při níž dojde působením vnějšího zápalného zdroje k zapálení, zatímco teplota vznícení je teplota, při níž dojde k zapálení bez iniciačního zdroje (jiskra/plamen), k zapálení dochází pouze působením tepla.

Spojením konců plus a minus na baterii pomocí krátkého alobalu dochází ke zkratu a alobalem prochází poměrně velký proud, který alobal velmi rychle zahřeje.

### 3.8. Nápis gumovacím perem

#### Fyzika stojící za pokusem

*V gumovacích perech je použit inkoust, jehož vlastnosti jsou závislé na teplotě. Zahřátím na vyšší teplotu se mění vnitřní uspořádání tekutých krystalů tak, že se nám bude inkoust jevit neviditelný. Naopak ochlazením se může vygumovaný inkoust opět zviditelnit, protože se změní jeho vnitřní struktura.*

Pravděpodobně fyzikálně nejsložitějším pokusem je pokus s gumovacími pery. Termolabilní inkoust obsažený v perech má tu vlastnost, že zmizí při teplotách vyšších než 65°C a vygumovaný (zmizelý) inkoust se znovu objeví při teplotě menší než -10°C.<sup>5</sup>

Při testování experimentu byly vyzkoušeny pera, fixy a zvýrazňovače japonské značky Pilot. Zvýrazňovače se však ukázaly pro tento pokus jako nevhodné, protože člověk mohl nápis rozeznat i po vygumování. Pro pokus samotný jsou nejlepší inkoustová pera a fixy tmavé barvy, protože světlá barva není po zchlazení příliš dobře čitelná.

Při běžném používání pera (málokdo vystavuje svoje zápisky mrazu) přichází ke slovu aplikace změny vlastností inkoustu při teplotách kolem 65 °C, které obvykle dosahujeme tím, že napsaný text gumujeme gumovou špičkou druhé strany pera. Text nemizí jen po vygumování, ale mizí i pokud necháme papír s textem dlouho na topení, ležet v létě v autě apod.

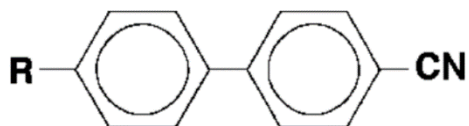
Nyní se krátce podíváme na to, jak změna viditelnosti barev funguje. Pro podrobnější vysvětlení je nutné navštívit přiložené zdroje, neboť vysvětlení je poměrně komplexní a v této práci se mu nebudeme věnovat v celém rozsahu. Inkoust, který byl speciálně vyvinut pro tato pera, se skládá ze tří složek.

1. Barvivo
2. Aktivátor barvy
3. Rozpouštědlo

---

<sup>5</sup> Pozn: Výše uvedené teploty udává výrobce, nicméně zajímavé je, že u stejných modelů se údaje u různých prodejců liší. Udávaná teplota zmizení textu se pohybuje mezi 60 - 65°C a teplota znovuobjevení mezi -10°C až -20°C. Pro záporné teploty platí, že text se začíná objevovat a začíná být čitelný přibližně při -10°C a při ještě nižší teplotě se stává výraznějším a lépe čitelným, ačkoliv již není nikdy tak zřetelný jako při jeho napsání. Což nesouvisí s tím, že by se samotný papír v okolí textu poškodil gumováním, jak by se mohl někdo domnívat, neboť stejně méně zřetelný je text i ve chvíli, kdy ho necháme zmizet pomocí zahřátí bez mechanického kontaktu.

Termochromní kapalné krystaly vykazují různé barvy při různých teplotách. Ve vhodném teplotním rozmezí mezi nízkoteplotní krystalickou fází a vysokoteplotní izotropní kapalnou fází tvoří tyto materiály kapalné krystaly. V tekutém krystalu tepelná roztažnost v důsledku změny teploty ovlivňuje rozestup jednotlivých vrstev krystalu, díky čemuž se díky odrazu světla může pozorovaná barva krystalu měnit. Hledání vylepšených zobrazovacích materiálů z tekutých materiálů vedlo k objevu termochromismu v kyanobifenylech, který je schématicky znázorněn v *Obrázku 6* (White & LeBlanc, 1999). Ty se dnes používají jako suspenze tekutých krystalů ve vodních barvách a inkoustech.

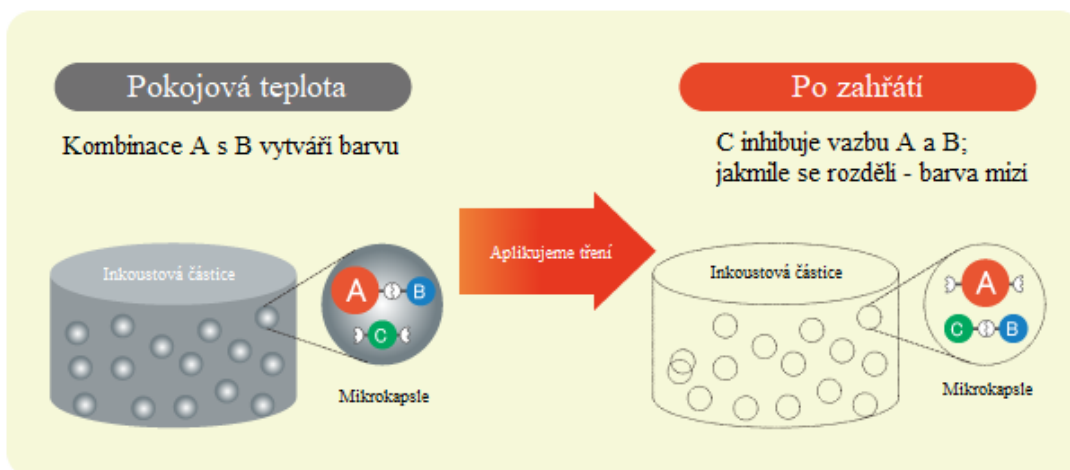


*Obrázek 7 - Schématické znázornění molekuly kyanobifenyly*

Většinou se jedná o leuko-barviva (tzv. „bíla barviva“), která jsou za určitých okolností bezbarvá. Tato barviva nejsou termochromní, ale spíše mění barvu podle pH. Aktivátorem barvy jsou obvykle slabé kyseliny. Třetí složkou je obecně polární rozpouštědlo. Teplota tání této látky řídí teplotu, při které dojde ke změně barvy. Takto vytvořené směsi ale nemůžeme použít přímo, jejich správné použití vyžaduje tzv. mikroenkapsulaci. Tato metoda spočívá v potahování plynových bublin, kapiček kapaliny nebo pevných částic slabým potahem. Velikost těchto částic se u mikroenkapsulace pohybuje v řádech od 1 do 1000  $\mu\text{m}$  (Thies, 1993).

### Složky mikrokapslí

- A** Barvivo    **B** Aktivátor barvy    **C** Regulátor teploty pro změnu barvy



*Obrázek 8 - Schématické znázornění fungování mikroenkapsulace (zdroj obrázku: <https://www.nippon.com/en/features/c00520/>)*

Pro směsi, které se používají v gumovacích perech Pilot, se velikost částic od roku 2002 pohybuje zpravidla mezi 2–3  $\mu\text{m}$  (Nippon.com, 2016) (Mikroenkapsulace umožňuje zároveň i použití více druhů barviv, což umožňuje úzké barevné rozsahy a ostré barvy. Samotný proces změny viditelnosti inkoustu, který je znázorněn na *Obrázku 7*, lze tedy v jednoduchosti popsat takto: První složka (barvivo) reaguje na kyselé prostředí tak, že se stává neviditelnou. Druhá složka ovlivňuje kyselost v interakci se třetí složkou, která je citlivá na teplotu.

## 4 Rozbor jednotlivých experimentů z hlediska přípravy

Nyní se podíváme na jednotlivé pokusy znovu a zaměříme se na jejich přípravu. Projdeme si slabá místa experimentů a zmíníme oblasti, kde je důležité si dát pozor, aby experimenty vycházely dobře.

Na začátku dostanou účastníci složku (viz kapitola 6.3), která bude charakterizovat profesora Erlicha. Ze složky se dozví některé užitečné tipy. Vodítkem, které je povede k přihlášení se na profesorův počítač, bude již dříve zmíněný lísteček z podkapitoly 2.2:

$$\begin{array}{ll} \times & \text{Heslo} \\ ax + by + cz - d = py & \\ (y, c, d, z, x, x) & \end{array}$$

### 4.1. Hustota nepravidelného tělesa

#### Pomůcky:

- Odměrný válec, kuchyňská váha
- Zkoumaný předmět (má vyšší hustotu než voda, ideálně je dost velký a těžký, aby bylo experimentální určení přesnější; například svazek klíčů, lis na česnek apod.)
- Voda/ přístup k vodě



Obrázek 9 - Lis na česnek a odměrný válec pro určení jeho objemu

Pozn.: účastníci potřebují kalkulačku

#### Příprava a průběh experimentu

Na účastnících bude pomocí kuchyňské váhy změřit hmotnost předmětu a s pomocí objemu určeného odměrným válcem vypočítat hustotu. Obě pomůcky budou mít k dispozici v místnosti, ale nebudou k nim nijak vedeni. Náповěda obsahuje jen informaci, že hustota předmětu je posune v pátrání dál. K tomuto experimentu je sice možné použít kuchyňskou odměrku, ale její použití není vhodné z několika důvodů. Jednak některé odměrky mají stupnici po 100 ml, nebo dokonce 250 ml, což vylučuje možnost změřit objem přesně. Další nevýhodou kuchyňské odměrky oproti válci je, že kuchyňské odměrky mají větší plochu hladiny, což opět vede k větším nepřesnostem a těžšímu vymýšlení fungujícího principu pro heslo, které má hustota předmětu ukryvat. Protože je válec užší, každý rozdíl v objemu se projeví výraznější změnou výšky hladiny ve válci. Proto je k měření vhodnější odměrný válec právě pro větší přesnost (nemusí nutně být ani skleněný). Zde byl použit plastový válec o objemu 1000 ml, se stupnicí po 10 ml, průměru 66 mm. Plastový válec byl použit ze 2 důvodů – kvůli přívětivější ceně a větší bezpečnosti při hře, kdy by mohlo dojít při práci pod tlakem



v závěru hry k jeho rozbití, které by mohlo zabránit dokončení experimentu. (Cena válce i s poštovním činila 338 Kč).

Nutno zmínit, že pro změření objemu účastníci potřebují vodu, proto je nezbytné, aby v místnosti, kde úniková hra probíhá, byl přístup k vodě či možnost pro vodu dojít. Alternativně lze řešit tento problém ještě tím, že se voda přinese v lahvích. Toto není jediný experiment, kdy je voda potřeba. Vodu budou účastníci potřebovat ještě na experiment s gelovými kuličkami a vodními hodinami.

U tohoto experimentu byl jako měřený předmět využit lis na česnek o objemu 60 ml a hmotnosti 244 g (s přesností kuchyňské váhy vychází někdy 243 g a někdy 245 g. Proto v průběhu určování hesla zaokrouhlujeme, abychom se možné odchylky zbavili).

Abychom se tedy vyvarovali rozdílných výsledků, které se liší na druhém desetinném místě (pokud hustotu vyjádříme v gramech na  $\text{cm}^3$ ), zní zadání takto:

*Heslo jsou první čtyři číslice z hustoty tělesa vyjádřené v  $\text{kg/m}^3$  zaokrouhlené na stovky, vynásobené dvěma a odmocněné.*

Výsledkem je heslo 9055.

## 4.2. Nápis z pilin

### Pomůcky:

- Rámeček s obrázkem (Cena cca 45 Kč)
- Feritová magnetická lepicí páska (Cena cca 245 Kč)

### Příprava a průběh experimentu

K tomuto experimentu byl použit rámeček na fotky o rozměrech  $13 \times 18$  cm a samolepicí silná neodymová magnetická páska<sup>6</sup>. Páska na písmena byla rozstříhána na šířku přibližně 1 – 1,5 mm. Z těchto úzkých proužků se pak písmena poskládala. Širší proužky přitahují příliš mnoho pilin. Písmena byla vysoká 2 cm (tedy například 2 cm vysoké *I* sestávalo ze dvou částí dlouhých 1 cm a šířka *I* byla 1 – 1,5 mm). Byla použita velká tiskací písmena a byl z nich sestaven nápis:

*Runy a teplo ví víc*

Na nápis se spotřebovalo asi 25 cm pásky. Následně byl nápis vložen do rámečku a před něj byl dán jeden barevný papír a zarámovaný obrázek. (Skrz jeden papír písmena prosvítala). Páska je dostatečně silná, aby přitáhla piliny přes vrstvu papírů i sklo. Zároveň je vhodné stříhat písmena velmi úzká, aby se piliny držely opravdu jen nad obrysem daného písmena, pokud jsou čáry moc tlusté, nejsou písmena vidět, protože piliny se spojují do hromádek v místě písmen. K tomu se pojí způsob sypání pilin. Zde jsou použity hrubé piliny vyrobené v dílně, které se při sypání z nádoby občas také spojují. Existuje ale jednoduché řešení, jak mít text velmi dobře čitelný vždy – pokud se piliny sypou způsobem jako když člověk solí. Nápis je viditelný rychle a dobře čitelný. Proto je do nádoby s pilinami umístěn na druhou stranu víčka obrázek, který účastníkům napoví, jakým způsobem je nejlepší piliny nasypat (viz. *Obrázek 10*).

<sup>6</sup> Páska byla zakoupena v obchodě UNIMAGNET ([www.unimagnet.cz](http://www.unimagnet.cz)). Zde použitá páska je široká 1 cm, tlustá 1,5 mm. Páska se prodává po 1 m.



Obrázek 10 - Návod k použití pilin

### 4.3. Vodní hodiny

#### **Pomůcky:**

1× kelímek 200 ml

3-5× kelímek 500 ml

špejle

(k přípravě špendlík a svíčka na vyrobení dírek)

Pozn: účastníci potřebují stopky

#### **Příprava a průběh experimentu**

Díry do kelímku je vhodné připravit pomocí nahřátého špendlíku nebo jehly ze dvou důvodů: kelímek s největší pravděpodobností nepraskne a rozehrátou jehlou lze otvor zvětšovat i po propíchnutí a upravovat otvor a hrany podle potřeby. Nejlepší tvar otvoru je kruh, protože tak bude proudění kapaliny nejkontinuálnější.

Nejlepší velké kelímky, které se dají použít, jsou kelímky, které mají rysky. Půllitrové mohou mít rysky například pro 0,5 l a 0,3 l. Pak lze snadno zadat, jak moc se má daný kelímek naplnit. Velikostí otvoru pak dodáme druhý parametr. Potom s jistou nadsázkou můžeme říci, že například kombinací 2 rysek na kelímku a 3 kelímků s různými otvory máme 6 možností, jak pomocí daných dvou parametrů měnit výsledek experimentu. Pro kelímek, do kterého voda teče, je nejlepší volbou kelímek s malým průměrem, protože pak jsou více patrné rozdíly ve výšce hladiny.

Pozn.: Časy je vhodné pořádně několikrát proměřit, někdy se může stát, že voda u menšího otvoru vytéká nepravidelně, když vnitřní tření a povrchové napětí působící proti vytékání vody z kelímku způsobí, že voda na chvíli přestane téct. Někdy je lepší vzít nový kelímek a udělat nový otvor, nebo díru zvětšit. Zároveň je dobré otvory a časy k jednotlivým číslům nastavit tak, aby byly časy dobře změřitelné (delší než 10 s) a zároveň u toho účastníci nestrávili moc dlouhou dobu a experiment se nestal rozvleklým, obzvláště, pokud by nějaká část byla naměřena chybně a experiment se musel opakovat.

Pozn.: Zadání konkrétních časů pro tuto úlohu viz *Tabulka 2* v kapitole 2.3. Tyto časy jsou ale vázány na konkrétní kelímky připravené autorem hry. Každý, kdo tuto hru přejímá, by si měl časy naměřit sám podle svých vlastních kelímků. Rovnici a hodnoty pak lze použít stejně jako v této práci.

#### 4.4. Periskop

##### **Pomůcky:**

Zrcátko

Baterka

Podlouhlá krabička se zprávou

##### **Příprava a průběh experimentu**

Účastníci budou mít kromě krabičky k dispozici zrcátko a baterku. K těmto věcem je dovede nápověda z předchozího rébusu:

*Dlouhá a hubená krabice ukrývá víc,  
bez světla a odrazu však nebude nic.*

Nápověda směřuje účastníky k tomu, aby pomocí vhodně umístěného zrcátka (v *Obrázku 5* - vyznačeného modře) našli nápovědu.

V přípravě tohoto experimentu je potřeba vybrat (vyrobit) takovou krabičku, která bude mít dostatečně malý otvor na zrcátko, aby jím člověk nápovědu neviděl a musel zrcátko do otvoru zasunout a dívat se druhým otvorem. Nápovědu je potřeba přilepit na stejnou stranu jako je kulatý otvor pro pozorování, nestačí ji umístit na dno dlouhé krabičky, protože i malým otvorem je možné prohlédnout většinu krabice, stačí se vždy dívat pod správným úhlem.



**Obrázek 11** - Pomůcky pro rébus s "periskopem". Na levé fotografii je na krabičce zadní otvor pro umístění zrcátka. Na pravé fotografii je na krabičce otvor pro svícení a pozorování krabičky zevnitř pomocí zrcátka.

Pozn.: Aby účastníci mohli text přečíst normálně, je potřeba ho napsat zrcadlově (samozřejmě můžeme text nechat i klasicky a nechat účastníky číst zrcadlový nápis).

Směr, kterým se pozorovatel do krabičky dívá, naznačený v *Obrázku 5* (zde zleva) není jediný možný (možné je samozřejmě dívat se i „zprava“ jen bude potřeba zrcátko jinak naklonit).

## 4.5. Gelové kuličky

### Pomůcky:

Gelové kuličky

Nádoba na gelové kuličky (ideálně průhledná váza apod.)

Papír + izolepa na nápovědu

Pozn.: Účastníci budou potřebovat vodu, kterou kuličky zalijí (tedy buď přístup k tekoucí vodě, nebo vodu v nějaké nádobě)

### Příprava a průběh experimentu

Gelové kuličky je potřeba připravit předem! Výrobce na obalu obvykle uvádí, že potřebný čas, který kuličky potřebují k nasáknutí vodou, je přibližně 4-8 h, což se však při zkušebním testu ukázalo, že k plnému nasáknutí nestačí. Lepší je namočit kuličky alespoň jeden den předem. Nasáknuté kuličky pak vydrží déle než týden.

Ve složce s charakteristikou profesora Erlicha se účastníci dozví, že první, co profesor po příchodu do své kanceláře udělá, je, že zalije květinu na stole.

V přípravě je tedy potřeba umístit květinu do průhledné vázy (případně sklenice nebo láhve) a ke květině nebo ke dnu nádoby přilepit nápovědu viditelnou zvenku (tím alespoň zajistíme, že se po nasypání gelových kuliček, případně zalitím vodou nápověda nedostane do místa, odkud by nebyla čitelná). Lístek musí být ve vodotěsném materiálu, aby se nerozmočil (nejjednodušší způsob je oblépit papír izolepou). Následně naplníme vázu gelovými kuličkami. Nápověda nebude viditelná ani čitelná díky rozptylu světla na gelových kuličkách. Ale když účastníci květinu zalijí, prostředí se stane průhledným.

## 4.6. Barvy

### Pomůcky:

Barevná fólie

Papír

Rámeček alespoň 1× (ale lepší bude mít alespoň 2, jeden se šifrou, druhý bez)



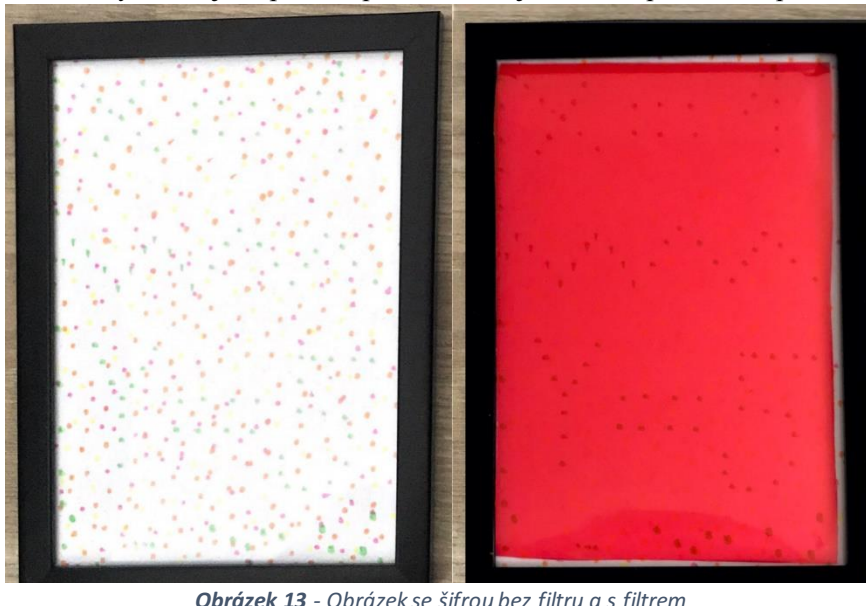
Obrázek 12 - Obrázky s barevnou šifrou

### Příprava průběh experimentu

Tento experiment také vyžaduje na přípravu delší dobu, protože velmi záleží na tom, jakou barevnou fólii a jaké barvy pastelky má organizátor k dispozici. Nestáčí mít pouze červenou fólii a červenou + „jinou barvu“ pastelky. Velmi totiž záleží na odstínech. Mluvíme zde konkrétně o červené, protože při testování bylo zjištěno, že z fólií, které byly k dispozici, vycházela nejlépe. Červená fólie totiž dokázala nechat téměř „zmizet“ některé odstíny žluté, oranžové, červené i růžové. V tomto konkrétním rébusu byly pro testování použity barevné obaly na sešity (žlutý, zelený, modrý, červený a oranžový). Je vhodné vybrat filtr, který dokáže

„zneviditelnit“ nejvíce barev, a přitom budou existovat barvy, které naopak zvýrazní. Z testovaných vzorků nejlépe vyšel, jak už bylo řečeno výše, červený. Je dost pravděpodobné, že to každý organizátor bude muset nějakou dobu zkoušet, než najde takovou kombinaci, pro kterou je daná barva ideální.

Pozn.: Dobré je všechny věci zkoušet pod stejným světlem, jaké bude i při únikové hře. Například barvy, které jsou použité pro tuto hru, jsou dobře použitelné při denním světle a při



Obrázek 13 - Obrázek se šifrou bez filtru a s filtrem

světle zářivek, ale při teplejším světle žárovek je zelená barva, kterou je nápověda napsána, výraznější a někdo by mohl nápis přečíst i bez filtru.

#### 4.7. Oheň z baterky

##### **Pomůcky:**

AAA baterie 2×

Alobal (alobalový obal od žvýkačky je asi nejlepší volba, protože je částečně papírový a snadněji sám chytne)

Svíčka

Vata

##### **Příprava a průběh experimentu**

Příprava tohoto experimentu není časově náročná. Je zapotřebí jen sehnat pomůcky a vyzkoušet, že jsou baterie ve stavu, kdy je experiment proveditelný.

Samotné provedení má několik způsobů:

1) První možnost je vzít jen jednu baterii a spojit její konce. Tedy zapojit ji ve zkratu, přičemž alobalový pásek spojující oba konce může být široký kolem centimetru (klidně i širší, ale v jednom místě se musí zužovat do místa, kde bude mít 1 mm (čím širší, tím méně se zahřeje; více než 2 mm už je moc). Tloušťku zúženého místa je třeba mít sice velmi úzkou, ale ne příliš, aby se alobal nepřetrhl nebo se nepřetavil. Člověk, který to ještě nezkoušel, možná bude potřebovat více pokusů. Proto je třeba s tímto faktem počítat i kvůli dostatku materiálu. Pokud k tomuto zúženému místu přiložíme vatu, měla by chytit, a s ní je pak možné zapálit svíčku.

2) Druhou jednodušší možností je položit kus alobalu na stůl, na něj postavit mezi 2 baterky svíčku, kolem jejíhož knotu se položí zúžená část alobalu a přes něj dáme „načechraný“ kus vaty, aby se tam snadno dostal vzduch. Díky dvěma bateriím získáme dvojnásobné napětí. První baterii postavíme klasicky mínusem dolů tak, aby stála. Druhou otočíme mínusem nahoru tak, aby se druhý konec dotýkal alobalu dole. Ve chvíli, kdy k oběma horním koncům

přiložíme alobal (a přidržíme), začne procházet proud, v zúženém místě okolo knotu se náš vodič zahřeje a zapálí vatou, která zapálí knot.

3) Třetí možností je využít jednu z prvních dvou možností, ale místo klasické vaty použít ocelovou vatu, která by měla hořet lépe.



Obrázek 14 - průběh zapojování rébusu se svíčkou a bateriemi

**VAROVÁNÍ:** Vodič se zahřívá velmi rychle, záleží samozřejmě na zvoleném materiálu vodiče a jeho tloušťce. Alobal je proto lepší nepřidržovat rukou, ale například přes látku nebo ohnutý papír. Nejjednodušší možnost je nechat si více alobalu a ohnout jej nahoře přes baterii tak, že jej držíme na straně a stahujeme dolů, aby se nahoře baterie dotýkal, v tomto místě se také bude zahřívát, a neriskujeme popálení.

#### 4.8. Nápis gumovacím perem

Tento experiment má 2 části. V jedné budeme nechávat zmizet přebytečné znaky. Ve druhé budeme chtít naopak text zviditelnit.

##### 4.8.1. Ohřátí nápisu – mazání

###### **Pomůcky:**

Papír s nápísem

Gumovací pero

Zapálená svíčka (z předchozího experimentu)

###### **Příprava a průběh experimentu**

Pro přípravu je potřeba napsat text nápovědy klasickou černou propiskou a dále přes něj napsat další znaky/runy, cokoliv, co se nám hodí do příběhu. Lístek pak schováme na místě, na které odkazuje nápověda. Účastníci pak papír přidrží v teple svíčky a nápis gumovacím perem zmizí. Je zde však riziko, pokud by papír s nápovědou účastníci dali do plamene, že by jim nápověda shořela. Aby bylo zabráněno znemožnění pokračování v únikové hře, je dobré si připravit jednu náhradní kopii.

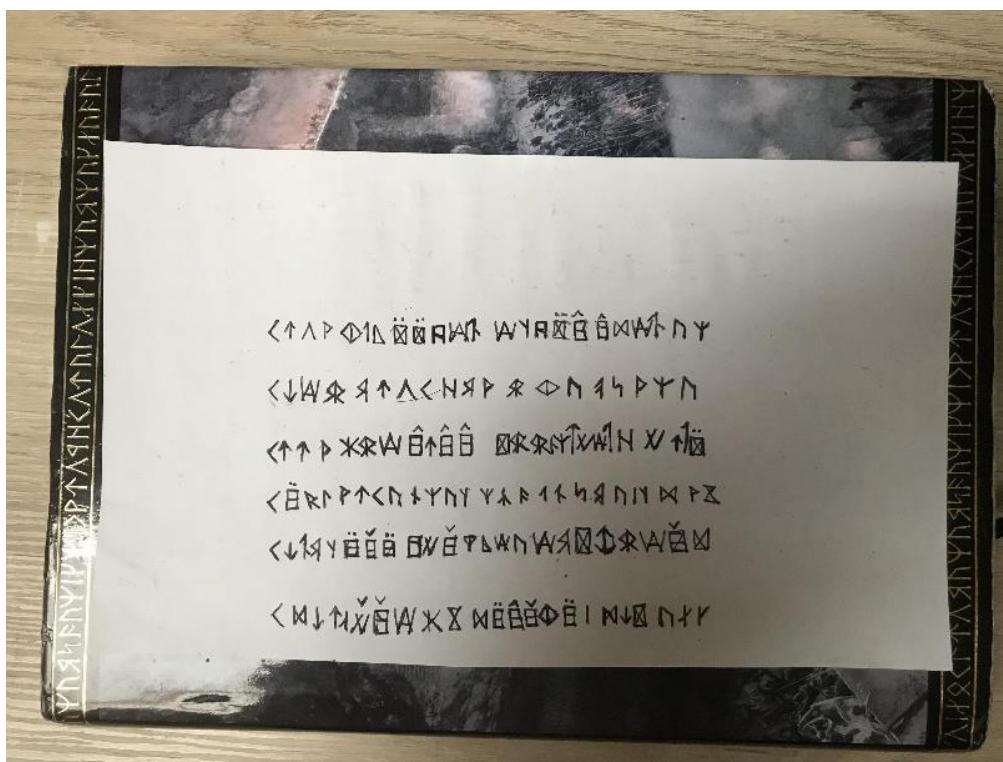
Pozn.: Protože se jedná o experiment s ohněm, je dost možné, že účastníci zapálenou svíčku nechají hořet. Je dobré je upozornit (což lze i v rámci zadání hry), že profesoru byt prohledávají a je potřeba tam nic nezničit, takže pokud by manipulovali s něčím, co by mohlo

něco poničit (jako kyselina, oheň apod.), aby s takovými věcmi zacházeli tak, že s nimi budou manipulovat nad něčím, co je možné použít jako bezpečnou podložku. A to i v případě, že už je dále potřebovat nebudou. Například čajová svíčka, která hoří déle, může bez podložky vypálit černé kolečko na dřevěném stole. Proto pokud někdo připravuje hru v klubovně, ve třídě nebo doma a nechce se s něčím takovým potýkat, je dobré dopředu myslet i tímto směrem.

#### 4.8.2. Ochlazení nápisu – zviditelnění

##### **Pomůcky:**

Igelit, igelitový pytlík, taška nebo potravinářská fólie  
 Chladicí sprej pro sportovce / Technický mrazicí sprej  
 Gumovací fixa (pero)



**Obrázek 15** - Lístek s runami vložený do knihy. Runy po ohřátí zmizí, naopak nad runami je nápis gumovací perem, který po ochlazení ukáže další náповědu. Na papíře je zřejmé, že tam něco bylo, ale nápis není čitelný (není možné gumovacími pery napsat nápis tak, aby po vygumování nebylo po pečlivém prohlédnutí nijak poznat, že tam bylo něco napsaného. Je možné pouze nechat bílý papír tak, že nepůjde poznat, co tam bylo napsáno.

##### **Příprava průběh experimentu**

Napišeme náповědu gumovací fixou (nebo perem). Byly zkoušeny různé druhy a barvy gumovacích per, fix a zvýrazňovačů. Nejlépe se pro tuto část osvědčila fixa. Její výhodou bylo především to, že je po vygumování nejvíce nečitelná. Pera, a především zvýrazňovače, byla při dobrém osvětlení pod určitým úhlem čitelná. Fixy se daly vymazat nejlépe. Pro nejlepší viditelnost doporučujeme tmavé barvy – modrou nebo černou, protože jsou po zviditelnění nejlépe čitelné. Není překvapivé, že znovu zobrazený vygumovaný nápis nikdy nebude po zviditelnění tak jasný jako původně napsaný originál. Ale při zmrazení na dostatečně nízkou teplotu je čitelný poměrně dobře.

K ochlazení nejlépe slouží chladicí spreje. Je možné papír s textem umístit i do mrazáku, v takovém případě je potřeba alespoň 15 min, což v únikové hře, která je na čas, není příliš vhodné. Bylo vyzkoušeno text chladit pomocí ledu a vody v termosce, ale to nevytvoří dostatečně nízkou teplotu. Jako použitelné se však ukázalo využití chladicího spreje, a to buď klasického na poranění (výrobci uvádí efektivitu zpravidla -40 °C), případně lze použít technický chladicí sprej (zde výrobci uvádí efektivitu až -50 °C).

Je však třeba nestříkat sprej přímo na papír s nápovědou, protože by se papír rozmočil, ale přes něco, například přes potravinářskou fólii, nebo jiný igelit, který zamezí rozmočení, a zároveň je dost slabý, aby přes něj došlo k ochlazení.

**! UPOZORNĚNÍ: Mrazící spreje mohou při aplikaci na pokožku z bezprostřední blízkosti způsobit omrzliny, technický mrazící sprej dosahuje efektu až -50°C. Je vhodné zvýraznit upozornění na obalu, nebo na něj nalepit. !**



## 5 Testování

Hra byla testována na týmech různých velikostí, věku i v jiných prostředích. Přestože není úniková hra primárně určena kvůli své časové náročnosti pro využití ve škole, první dvě testování zde proběhla. Je dobré podotknout, že pro podchycení všech nedostatků by bylo potřeba udělat řádově víc testů na různorodějších skupinách. Nicméně vzhledem k okolnostem, které letos na jaře znemožnily dlouhou dobu setkávání lidí z důvodu epidemiologické situace, byla hra nakonec testována na méně skupinách, ale jejich postřehy s nimi byly později podrobněji rozebírány. Zpětná vazba byla získána jednak dotazníkem a jednak následnou diskusí, která následovala vždy po únikové hře. V této kapitole se podíváme nejprve postupně na skupiny, které hrou prošly. Později rozebereme jejich zpětnou vazbu z dotazníků.

### 5.1. Postřehy z jednotlivých testování

Zde si projdeme, jakým způsobem si jednotlivé skupiny poradily s úkoly a jaké podněty z testování vzešly pro hladší průběh hry a lepší zážitek účastníků.

#### 5.1.1. První skupina

Místo: škola  
Počet účastníků: 8  
Věk účastníků: 14-15  
Výsledek: Nesplněno (Důvod: Časový limit se blížil ke konci a účastníci byli asi v polovině hry)  
Čas: 85 min

Testování probíhalo ve škole v rámci dvou hodin vyčleněných pro volitelný předmět s názvem logické hry. Vzhledem k tomu, že ve třídě bylo 8 žáků, testovací skupinu tvořilo všech 8. První testování je zde zařazeno kvůli několika praktickým výstupům, přestože bylo neúspěšné a za normálních okolností bychom jej mohli označit z několika důvodů jako „chybu měření“. Jednalo se totiž o první týden, kdy se žáci druhého stupně vrátili po mnoha měsících do školy a jejich schopnost koncentrace a práce ve škole nebyla ještě ani ke konci týdne v běžné podobě. Proto více času trávili zkoušením toho, co všechno jde s pomůckami k rébusům dělat, než samotným řešením rébusů. Žáky zaujaly především optické vlastnosti gelových kuliček (ale i mechanické vlastnosti) a také zahřívání vodiče, když jím prochází elektrický proud. Poslední postřeh se týká nápovědy pomocí teček na obrázcích. I pokud jsme na světle, kde nápověda dané barvy není nápadná, může se stát, že na ni účastníci přijdou i bez fólie. Zde se stalo, že se účastníci zasekli na dlouhou dobu a nevěděli co dál, tak seděli u profesora stolu tak dlouho a hleděli na obrázky z teček na stole, že je napadlo, že by mohli spojovat tečky jednotlivých barev. Když se dostali k tečkám zelené barvy, dokázali po chvíli vyčíst nápovědu i bez fólie.

**Výstup:** Z tohoto testování byly vyvozeny následující závěry:

1. Ideální počet účastníků je 3–4. U většího počtu si totiž nebudou moci účastníci zkusit tolik věcí, což způsobí, že hru budou řešit 3–4 účastníci, zatímco ostatní se budou nudit.
2. Vhodný čas. Jsou situace, kdy hra není dost dobře použitelná – například chvíle, kdy se lidé hůře soustředí. Není pravda, že by první skupina byla o mnoho neschopnější hádanky vyřešit než následující skupiny, přestože při pozorování hry to tak jednoznačně vypadalo.
3. Nápovědy z teček by měly být velmi nenápadné a nevýrazné, aby si jich nikdo nevšiml bez fólie. Případně pokud chceme, aby účastníci fólii použili, měla by se dát snadno nalézt.

### 5.1.2. Druhá skupina

Místo: škola  
Počet účastníků: 4  
Věk účastníků: 14-15  
Výsledek: Splněno  
Čas: 97 min

Druhé testování opět proběhlo ve škole při stejném předmětu s druhou částí třídy, ze které ale byli vybráni pouze 4 účastníci právě v reakci na předchozí testování. Tato skupina už hru zvládla úspěšně vyřešit s drobnými nápovědami.

Největším problémem bylo zapálení svíčky. Pro člověka, který to nikdy nedělal, může být tento experiment velmi náročný i v případě, že dostane podrobný návod krok za krokem, jak postupovat. Protože například pokyn „zúžená část alobalu musí být velmi tenká – asi 1–2 mm“ byl obtížný kvůli odhadu šířky. Šířka alobalu, který se žáci snažili použít, byla asi 5–7 mm. Díky tomu se v tomto místě vodič dostatečně nezahříval. Po upozornění na tento problém se žáci snažili udělat proužek užší, ale ukázalo se, že ne každý dokáže snadno vystříhnout takto úzký kousek, aby ho při sestavování zapojení nepřetrhl, případně aby ho nepřetavil, když ho moc napne po zapojení, když se začne zahřívat. Tato úloha vyžaduje mimo jiné právě zručnost a pomůže i dobrá vzájemná spolupráce více lidí při držení jednotlivých částí zapojení. Z tohoto důvodu je možné taky zauvažovat nad jinou metodou řešení této úlohy. Jako alternativa se nabízí zapálení svíčky pomocí křesadla (spíše zapálení něčeho od čeho se zapálí svíčka, zapálení svíčky křesadlem není o nic jednodušší), další alternativou může být někde schovat sirky, které budou muset účastníci najít apod.<sup>7</sup> Nicméně přestože zapalování svíčky může být frustrující, pokud jej účastníci zvládnou, patří tato část k jejich nejoblíbenějším, protože se jim zdá nejakčejší a nejnápínavější. Pokud to však účastníci nezvládnou, může být následná alternativa zapálení sirkami dost frustrující. Je tedy na pořadateli, aby zvážil schopnosti účastníků, pro které hru připravuje. Je velmi příhodné, aby si tuto část nejprve několikrát zkusil sám pořadatel, a tím zjistil nejvhodnější variantu tohoto experimentu.

Další postřeh se týká gelových kuliček. Původně byla nápověda přidělena ke stonku plastové květiny, kolem něhož byly ve váze gelové kuličky. Po zalití vodou se prostředí ve skleněné váze stalo průhledným a nápověda šla přečíst. Nicméně stejně jako u první skupiny se stalo, že někdo mimoděk sáhl pro květinu a z vázy ji vytáhl, takže nápovědu získal bez vyřešení rébusu (zprůhlednění prostředí díky zalití vodou). Proto je lepší nápovědu přilepovat ke dnu páskou, tak aby byla vidět, až se květina zalije.

Další problém se objevil u vodních hodin, přestože účastníci dodrželi dané objemy v kelímku s dírou, voda tekla pomaleji a vycházela jim jiná čísla. Je možné, že při uskladnění kelímků došlo k zanesení dírek. Dva kelímky udávaly jiné hodnoty, ale když se kelímky kolem děr přetřely a propláchly, bylo vše v normálu.

Původně byly obě nápovědy pro gumovací pero na jednom papíře, ale stalo se, že při zahřívání došlo k poškození části, kde byl ukrytý text, který se měl ukázat při ochlazení. Proto bylo rozhodnuto, že v dalších testováních budou s runami papírky dva. Každý dostal svou značku, kterou zároveň obsahovala i nápověda, která se na něj odkazovala.

Posledním postřehem jsou železné piliny. Zde se stalo, že účastníci nevěděli, co to je. Možná se s tím ještě nesetkali, ale spíše to jen zapomněli. Takže pokud si nebudeme jisti, zda účastníci poznají železné piliny, můžeme dát na skleničku s pilinami štítek, který účastníkům řekne, co je uvnitř. Můžeme tak předejít tomu, aby to účastníci, ve snaze zjistit co je v krabici, ochutnávali.

---

<sup>7</sup> Úloha se nemusí nutně vyřešit pomocí ohně, teplo je možné získat například i z rychlovarné konvice. Má-li nádoba, do které nalijeme vroucí vodu, slabé stěny, je možné přiložit papír na stěnu nádoby a požadovaná část textu zmizí také. Případně jde přes papír dát igelit (nebo dát papír do sáčku) a polít vroucí vodou. Možností je více, záleží na tom, co víte, že účastníci zvládnou/ odhadujete, že zvládnou. Přesto, pokud jsou alespoň trochu zruční, doporučujeme svíčku, protože rozdělání ohně je pro účastníky nejzábavnější a nejvíc ocení úspěch, kterého dosáhnou právě zapálením svíčky. Což se ukázalo i v níže uvedeném dotazníku.

**Výstup:** Z tohoto testování byly vyvozeny následující závěry:

- 1) Zapálení svíčky – pokud si nejsme jisti, zda účastníci již někdy zapalovali svíčku zkratováním baterek, doporučujeme udělat jim podrobný návod bod po bodu. Vzhledem k tomu, že příběhové papíry obsahují část, kde je zmíněno, že se profesor zajímal o techniky přežití a různé způsoby rozdělení ohně, nebude divné, že seznam někde má. První skupina dokonce podrobný návod hned hledala (v té době jako návod sloužila jen 2 obrázková schémata, jak by to mělo vypadat).
- 2) Gelové kuličky – nápovědu je dobré připevnit na dno skleněné vázy, aby se nestalo, že ji účastníci objeví, pokud vyndají květinu.
- 3) Vodní hodiny – Před každou hrou překontrolovat otvory u kelímků a ujistit se, že časy odpovídají a díry v kelímčích nejsou zanesené. Není to vždy, ale může se to stát.
- 4) Gumovací pera – pro nápovědy ke gumovacím perům je lepší mít papírky s runami dva, protože při ohřívání může dojít k poškození druhé nápovědy.
- 5) Piliny – Popisný štítek na sklenici

### 5.1.3. Třetí skupina

Místo: „Doma v pokoji“

Počet účastníků: 4

Věk účastníků: 14-16

Výsledek: Splněno

Čas: 91 min

Zde už probíhalo testování mimo školu. Takže šlo lépe nasimulovat profesorův byt než ve třídě. Zde probíhalo obecně řešení rychleji než v předchozích příkladech, ale zase na druhou stranu bylo více možností, kam nápovědy ukrýt. Proto trvalo hledání nápověd déle, což samo o sobě není špatně. Jediným úskalím ale může být, pokud účastníci nenajdou všechny nápovědy k danému rébusu, nebo si je nespojí. Například zde může být problém u vodních hodin, když nenajdou všechna vodítka – musí mít kelímky, obrázek toho, jak jsou kelímky nad sebou, a časy a objemy, kolik vody do kelímků nalít. V tomto testování to u úlohy s vodními hodinami chvíli vázlo, i po objevení nápověd chvíli trvalo, než si účastníci spojili vše dohromady. Přestože všechny nápovědy měly na sobě stejnou značku právě z tohoto důvodu. Je možné, že by bylo lepší značku zvýraznit ještě barevně, aby byla ještě o něco názornější.

Při zapalování svíčky se účastníkům vata podařilo zapálit třikrát, ale až při posledním pokusu se jim při tom podařilo zapálit svíčku (vata hoří hodně rychle, napoprvé i napodruhé nestihli zapálit knot, napotřetí zapálili papír a od něj svíčku).

Při tomto testování vznikla myšlenka na postavu domovníka ve hře. Domovník (zpravidla organizátor) pustí účastníky dovnitř a sleduje jejich počínání, do kterého nijak nezasahuje. Jeho role přichází ve chvíli, když se účastníci ztratí nebo se chystají ke kroku, který by jim mohl hru pokazit (zničení nápověd, přeskočení nějaké nápovědy apod.), pak může domovník nějakou návodnou nebo zvědavou otázkou zasáhnout do průběhu hry. Jeho snahou by nemělo být je příliš mnoho posouvat, spíše jen chránit nápovědy a případně pomoci, kdyby se účastníci zasekli. Je zcela na roli vedoucího hry, jaký charakter postavě dá, může to být člověk, který věcem rozumí, a proto jeho návodné otázky jsou přímočařejší, možná je ale lepší, aby to byl člověk, který tomu nerozumí a k složitějším nápovědám se vyjadřuje ve smyslu: „Sice tomu nerozumím, ale slyšel jsem jednou, že...“ nebo „No, a nemůže to souviset s tímto?“. Pokud se postava domovníka zahraje dobře, může to zvýšit atraktivitu a zábavu hry. Hlušší místa se dají vyplnit povídáním o profesorovi jako sousedovi, do čehož se dají vsunout další případné nápovědy.

Poslední poznámka se týká gumovacích per. Ukázalo se, že pro vygumovaný vzkaz, který se má po ochlazení odhalit, je nejlepší gumovací fixa. Ostatní psací potřeby nejen že jsou méně

vhodné, ale prakticky nepoužitelné. Zde bylo zkoušeno gumovací pero a nápis byl i po zahřátí a vygumování (zmizení písma) stále nalezitelný a čitelný (alespoň většina nápisu). Proto je lepší použít tmavou modrou nebo černou gumovací fixu. Ty jsou po zahřátí/ vygumování prakticky nečitelné a po zchlazení se na rozdíl od zvýrazňovačů přečíst dají. Pravda je, že nejsou tak výrazné jako gumovací pera, ta se na čistém papíře s trochou snahy dají přečíst i po vygumování.

**Výstup:** Z tohoto testování byly vyvozeny následující závěry:

- 1) Zapálení svíčky – pro tuto úlohu je dobré připravit nějakou podložku (například větší dřevěné prkénko), na kterém budou účastníci oheň rozdělávat. Někteří účastníci mají totiž tendenci ve snaze o úspěšné rozdělání ohně zakládat větší ohně z chomáčků vaty, takže předejdeme poničení podložky/stolu ožehnutím.
- 2) Vhodné je připravit si postavu domovníka, který hru provází.
- 3) Barevné označení nápověd pro snazší propojení. Je také možnost nápovědy očíslovat tak, aby účastníci například věděli, že pro danou úlohu už našli 2 nápovědy ze 3. Je to sice větší usnadnění, ale i to je možnost, pokud bude někomu připadat, že propojení je stále příliš obtížné.
- 4) Na gumovací nápis, který přečteme po ochlazení, používat jen gumovací fixy.

#### 5.1.4. Čtvrtá skupina

Místo: „Doma v pokoji“

Počet účastníků: 2

Věk účastníků: 24-26

Výsledek: Splněno

Čas: 66 min

Při tomto testování se projevil více věk účastníků, který hrál roli hlavně v tom, že si práci lépe zorganizovali. Vzhledem k tomu, že stejně to bylo i u dalších skupin, můžeme říci, že do značné míry hraje roli i určitá životní zkušenost s rozvrhnutím si práce a její organizace. Vyřešení samotných rébusů se při tom časově příliš nelišilo, ale zkrátila se doba, kdy účastníci hledali, co znají a co by teď mohli použít.

U lidí, kteří jsou delší dobu ze školního prostředí, pak může dojít k odlišné interpretaci čtení rovnice. Zatímco drtivá většina lidí jednotlivé členy rovnice  $ax + by + cz - d = py$  k heslu k počítači interpretovala jako „a krát x“, účastníci této skupiny považovali zápis v rovnici za součet dvojciferných čísel, kdy první cifra byla  $a$  a druhá  $x$ . Tento problém lze snadno odstranit tím, že mezi členy vložíme znak pro násobení.

Další problém se projevil u kelímků. Hra byla testována po delší době a z jednoho kelímku tekla voda pomaleji (přestože byly kelímky před hrou propláchnuty a otřeny kolem otvorů), než byly jeho původně naměřené hodnoty. Proto je nezbytné před hrou kelímky kontrolovat. Ostatní kelímky byly v pořádku.

**Výstup:** Z tohoto testování byly vyvozeny následující závěry:

- 1) Kontrola kelímků před hrou (překontrolovat časy)
- 2) Pokud se nejedná o žáky/studenty, pravděpodobně bude lepší rovnici napsat s „krát“ mezi písmenky v rovnici

### 5.1.5. Pátá skupina

Místo: „Doma v pokoji“  
Počet účastníků: 4  
Věk účastníků: 17-22  
Výsledek: Splněno  
Čas: 57 min

Tato skupina měla nejrychlejší čas, což bylo hlavně z důvodu dobré organizace práce i spolupráce jednotlivých členů při delších rébusech jako vodní hodiny a zapalování svíčky. Stejně jako téměř všechny ostatní skupiny, u úlohy s pilinami poznali, že v nápovědě na víčku je naznačeno, jakým způsobem piliny sypat. Ačkoliv si dokonce nahlas řekli, že se má obrázek v rámečku „posolit“ pilinami, stejně na obrázek nakonec v zápalu hry po první špetce nasypali ze skleničky všechno, takže vznikl velký slepenec pilin, ze kterého se nic vyčíst nedalo.

Nápověda k vodním hodinám obsahuje obrázek, jsou v něm jen schematicky nakresleny 2 kelímky na sobě, mezi něž jsou vloženy špejle. Kelímky použité pro hru totiž pasují do sebe, a když se větší kelímek s vodou postaví na menší kelímek se stupnicí, může dojít po chvíli k tomu, že tam bez přístupu vzduchu voda přestane téct, nebo poteče pomaleji. To způsobilo menší finální množství vody. Shodou okolností byla ale rovnice vyřešena správně díky volbě členů, protože vzhledem k tomu, že zde se  $x = 1$ , tak když účastníci naměřili hodnoty  $a$  i  $d$  o 2 menší, stejně jim rovnice vyšla. Se stejným problémem se potýkala později i skupina 6. Nicméně vzhledem k tomu, že museli pro heslo dosadit víc hodnot, stejně museli jednotlivé hodnoty u vodních hodin přeměřit znovu.

Zde tedy nebyly žádné zásadní technické problémy ve hře, jediné zdržení bylo způsobeno tím, že se účastníci nedrželi dostatečně obrázkových nápověd.

### 5.1.6. Šestá skupina

Místo: „Doma v pokoji“  
Počet účastníků: 2  
Věk účastníků: 21  
Výsledek: Splněno  
Čas: 74 min

Tato skupina vyřešila opět všechny úlohy bez větších zdržení. Účastníci řešili podobné problémy, jako předchozí skupiny – sypání pilin najednou ze skleničky místo jemného posypání a špatné postavení kelímků u vodních hodin, což je opět stálo další přeměřování. V úloze se zviditelněním písma pomocí chladicího spreje byly zkoušeny různé varianty gumovacích per a fixů, jak bylo již řečeno výše. Zde byl zkoušen rozdíl mezi modrou a černou/šedou fixou. Nejlépe se osvědčila modrá fixa, byla po vygumování nejméně nápadná a nejlépe čitelná po ochlazení. Zároveň je dobré zmínit, že mnohdy účastníci strávili dlouhou dobu „chlazením papíru“, protože písmo nebylo dobře vidět. Nicméně když pak papír odložili stranou, po pár minutách byl nápis čitelný výrazně lépe. Kdyby měla být vytvořena nová úniková hra, kde by se chlazení využívalo ke zviditelnění nápisu, bylo by nejvhodnější ochladit papír na začátku a později se k němu během hry vrátit. Přesto i tato verze je dobře použitelná, závisí jen na účinnosti chladicího spreje a šikovnosti účastníků. Každopádně je vhodnější technický chladicí sprej, který má efekt  $-50^{\circ}\text{C}$ .

**Výstup:** Z tohoto testování byly vyvozeny následující závěry:

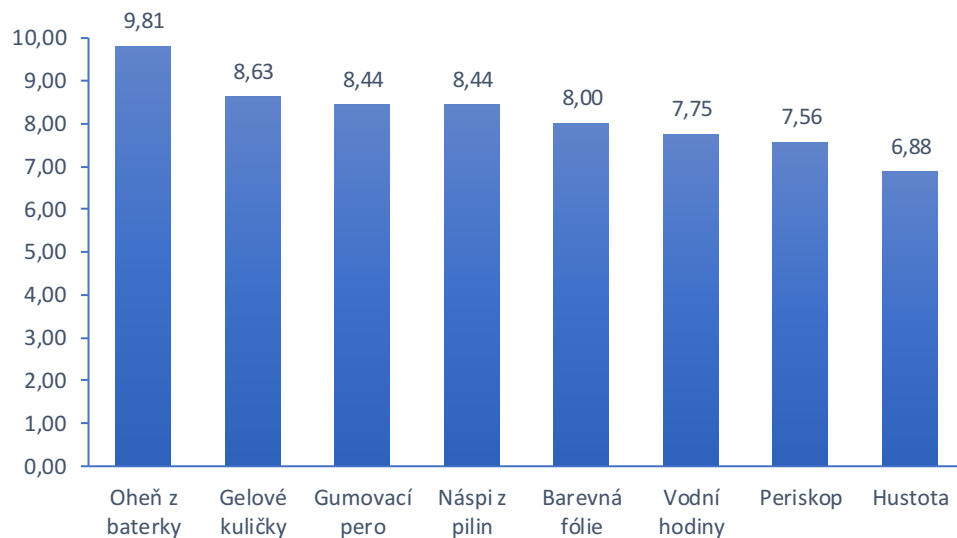
1) Nápis, který se má zviditelnit ochlazením, psát modrou gumovací fixou.

## 5.2. Zpětná vazba účastníků z dotazníků

V dotazníku k únikové hře dostali účastníci za úkol ohodnotit jednotlivé úlohy, jak jim přišly zajímavé. Dotazníky dostaly jen týmy, které hru úspěšně dokončily, tedy 16 úspěšných účastníků. Nejprve měli účastníci ohodnotit, jak se jim líbily jednotlivé rébusy na škále 1–10. Průměrná hodnocení můžeme vidět v *grafu 1*.

Zde přesvědčivě zvítězila úloha s rozdělováním ohně pomocí baterky, která od všech účastníků dostala pouze hodnocení 9 a 10. Někteří účastníci po hře podotýkali, že oheň by se v reálu rozdělal rychleji, ale dodávali, že pak by hra přišla o nejnapínavější část. Naopak úloha na hustotu vyšla nejhůře a dostala jednou i nejnižší možné hodnocení. Nižší oblíbenost této úlohy bude dána tím, že řešení nebylo nijak překvapivé. Jednoduché řešení nepřineslo takové uspokojení jako složitější úlohy a u účastníků, kteří jsou delší dobu ze školy, může dojít k tomu, že si nevzpomenou na to, jak hustotu určit a vypočítat, což úloze také ubírá na atraktivitě. Úloha s hustotou se stala jedinou úlohou, která získala od účastníků jak nejvyšší, tak nejnižší hodnocení.

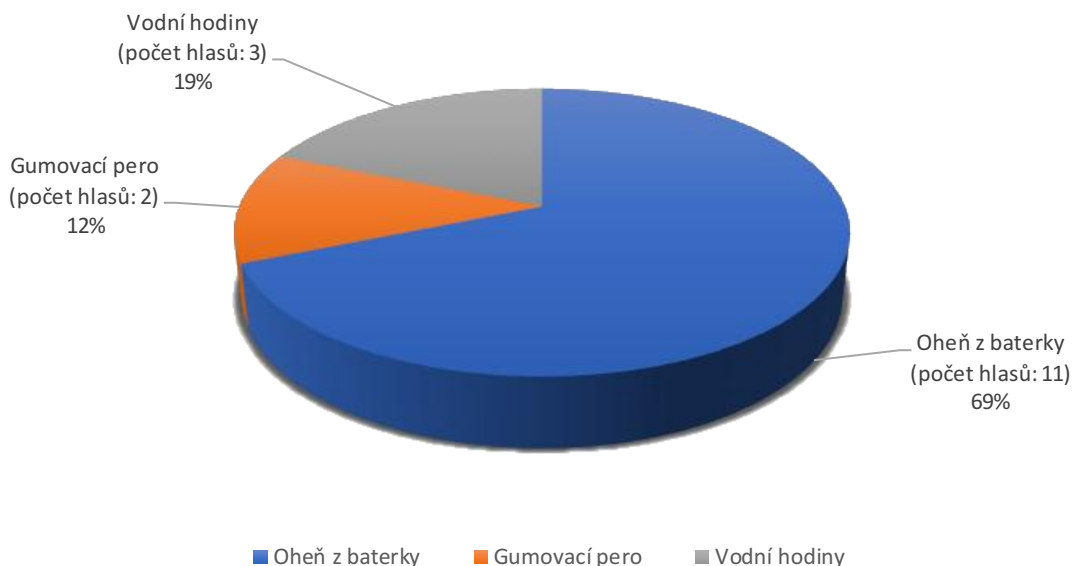
**Graf průměrného hodnocení jednotlivých rébusů v únikové hře**



*Graf 1 – Graf průměrného hodnocení jednotlivých rébusů v únikové hře seřazených od nejoblíbenější k nejméně oblíbené*

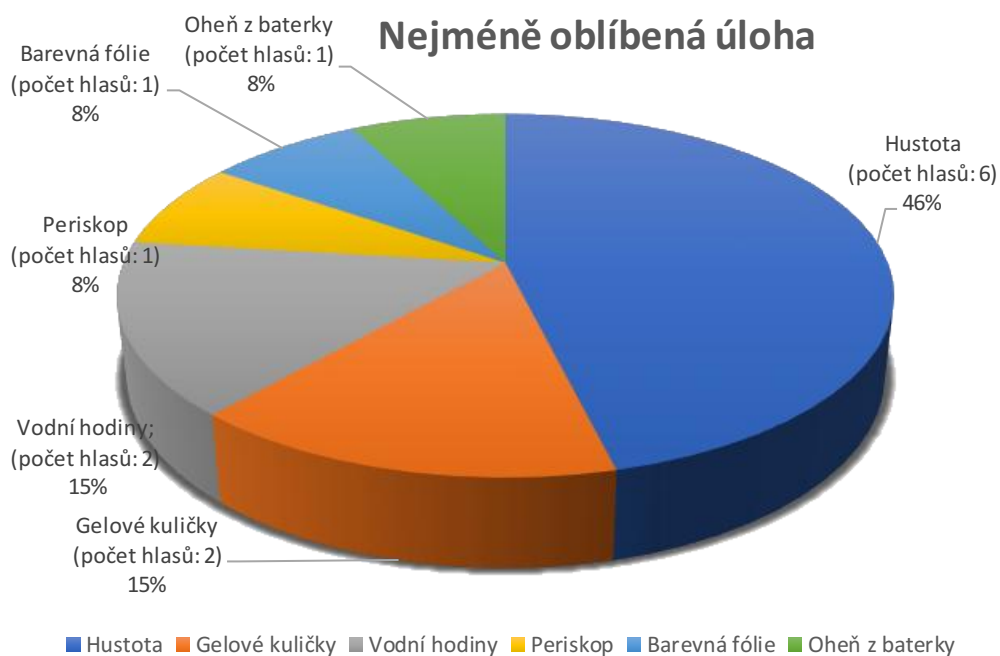
Následně měli účastníci vybrat pokus, který je bavil (přišel jim zajímavý) nejvíc a nejmíň. Zde mezi účastníky opět jasně vyhrálo zapalování svíčky, většina uvedla jeden ze tří důvodů: práce s ohněm jako takovým, alternativní způsob rozdělování ohně a nejčastěji – dobrý pocit ze zvládnutí úkolu.

## Nejoblíbenější úloha



Graf 2 – Graf procentuálního rozložení nejoblíbenější úlohy mezi účastníky

Následovala otázka naopak na úlohu, která účastníky zaujala nejméně. Zde už účastníci vybrali více úloh, u kterých vysvětlili proč tomu tak je.



Graf 3 – Graf procentuálního rozložení nejoblíbenější úlohy mezi účastníky

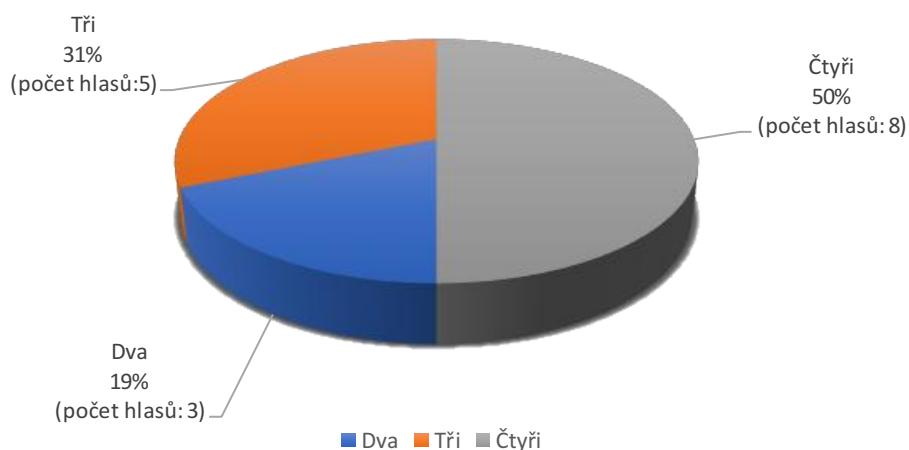
Nejméně zajímavá byla hustota, protože nepřinesla nic překvapivého nebo nového. Opakovaly se zde vodní hodiny, protože se jednalo o časově náročnější úlohu, nebo naopak moc rychle vyřešená se zdála úloha s gelovými kuličkami a barevnou fólií. Tři účastníci nezvolili nejméně oblíbenou úlohu, protože se jim líbilo vše a byli názoru, že jsou potřeba delší i kratší úlohy a bylo škoda pak z nich vybírat „nejhorší“.

Další otázka se týkala plynulosti příběhu a provázanosti nápověd, kde se většina účastníků shodla, že prošla hrou bez nějakých větších komplikací. Jediné doporučení bylo dobře ukrýt kelímky na rébus s vodními hodinami, aby byli účastníci nuceni si nápovědy pořádně prostudovat a nezačínali rovnou měřit, protože pak nedodrželi přesně postup z nápověd a časy ze začátku nevycházely (to bylo způsobeno tím, že kelímky buď postavili do sebe a nikoliv na sebe (kde mezi ně byly vloženy špejle, takže byl omezen přísun vzduchu), nebo tím, že kelímek drželi v ruce a nalévali do něj vodu až při zapnutí stopek, což mělo za příčinu nekonzistentní tok vody z kelímku, což se projevilo zejména u kelímku s velkou dírou, kde byl čas jen 18 vteřin).

Jako nejtěžší části únikové hry byl třikrát označen rébus s baterkou, další účastníci zmiňovali: Najít nápovědu pomocí pilin, vzpomenout si na vzorec hustoty, najít nápis v periskopu, vědět, že se u zobrazení nápovědy pomocí ochlazení papíru sprejem musí čekat, a seřadit si pořadí nápověd, ve kterém se mají řešit (dvě skupiny nejprve prohledali pořádně celou místnost a posbírali i nápovědy, které byly lépe ukryté, a k jejichž lokaci a použití by se dostali pomocí jim předcházejících nápověd).

Jedna z nejpraktičtějších otázek pro pořádání byla: *Pro kolik lidí je podle vás hra ideální, aby se nikdo nenudil, ale zároveň bylo dost hlav a rukou na týmovou spolupráci, aby si to účastníci nejvíce užili?* Účastníci měli na výběr 2, 3, 4, 5 či jiné.

### Pro kolik lidí je hra nejlepší

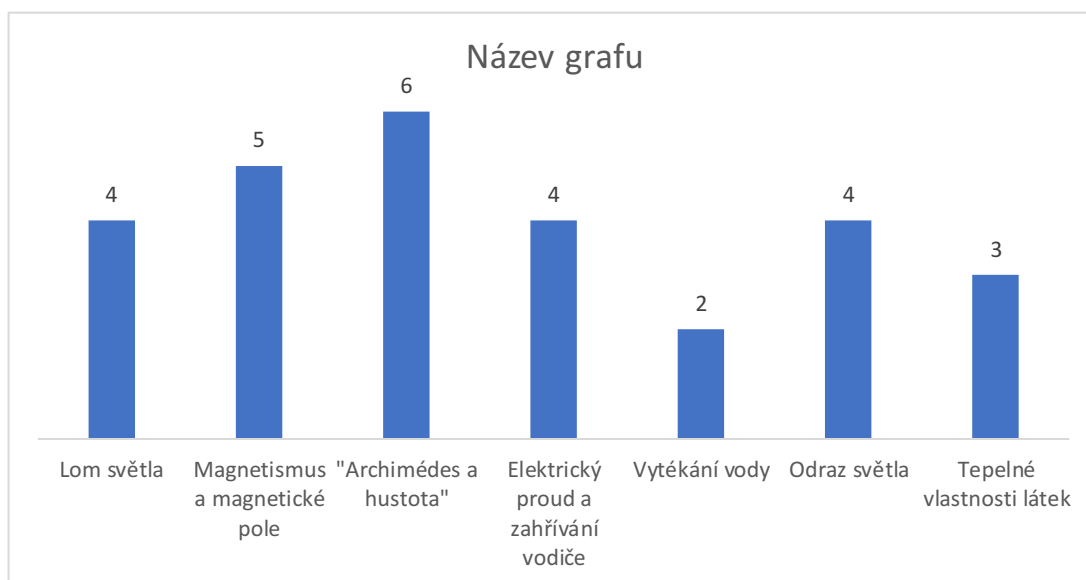


Graf 4 – Graf procentuálního rozložení pro kolik lidí by účastníci hru doporučili

Ukázalo se, že ti, kdo hru absolvovali ve 2 lidech, by (až na jednu výjimku) takovouto hru hráli nejraději opět ve dvou, protože měli příležitost přijít na co nejvíc věcí sami. Ti, kdo byli ve čtyřech, by naopak spíše raději ve čtveřici zůstali. Do jisté míry je možné, že se v tom odráží i úloha se svíčkou, protože k řešení se až na jednu skupinu zapojili vždy jen dva lidé. Zatímco (pokud se jednalo o čtveřici) se zbylí dva jen dívali nebo maximálně stříhali další kousky alobalu. Bylo vidět, že ti, kteří nedostali možnost zapálit svíčku vlastníma rukama, by to rádi zkusili také. Jedna skupina to vyřešila tak, že když se to jedné dvojici nepodařilo hned, přidali se s druhou svíčkou zbylí dva, jako konkurence pro první dvojici, což mělo za následek změnu vztahu k úloze, protože se ti, kdo ji nedělali, na ni zpočátku dívali jako na „zdlouhavou“, ale když sami zažili vzrušení z toho, že jim vzplála vata, názor na úlohu změnili.

Další otázka byla věnována samotné fyzikální stránce: *Všiml sis nějakých fyzikálních zákonů? Které jsi při řešení rébusů využil?* V grafu jsou zaznamenány jednotlivé odpovědi:





Graf 5 – Tento graf ukazuje, jaké všechny fyzikální jevy účastníci ve hře zaznamenali a většinou jich také vědomě využili

Zajímavá byla zejména nejčastější odpověď, která je v *grafu 5* označena jako „Archimédes a hustota“. Toto spojení je zde použito, protože asi nejlépe vystihuje, jak účastníci vnímali tento fyzikální problém, ačkoliv ze zmíněných 6 účastníků ho tak ve skutečnosti uvedl jen jeden člověk. Většina ostatních tento problém označovala jako „Archimédův zákon – hustota“, případně jen „Archimédův zákon“. Můžeme tedy říci, že ač se jednalo o nejméně oblíbenou úlohu, tak nejvíce lidí si ze školní výuky fyziky zapamatovalo, jak Archimédes měřil hustotu koruny krále Hierona II. ze Syrakus. Možná právě proto se v otázce o nejméně zábavné úloze vyskytovala za hustotou poznámka: „protože to není nic moc nového“. Tepelnými vlastnostmi látek účastníci mysleli to, že když se písmo zahřeje/ochladí, tak není/je vidět. Přestože během hry zmínilo více lidí, že u vodních hodin hraje roli výška hladiny, že „čím více jí bude, tím rychleji voda poteče ven“, v dotazníku, už si na to většina lidí nevzpomněla.

Všichni účastníci hru hodnotili velmi pozitivně. V dodatečných poznámkách ke hře, příběhu a jednotlivým rébusům byla jen jedna. Její autor si přál, aby hra byla delší a zahrnovala – pro něj – více poučných a překvapivých experimentů. Nicméně podle diskusí s účastníky se zdá, že úniková hra byla dlouhá přesně tak akorát, víc lidí by „klidně uvítalo více experimentů“, ale většina z nich uznala, že by to bylo příliš dlouhé – a to hlavně pokud by se někde zasekli. Zbytek hodnotil hru dlouhou tak akorát, protože víc věcí by znamenalo hru moc dlouhou, ale méně by znamenalo, že nebude dostatečné množství hádanek.

Všichni se ale jednomyslně shodli na tom, že pokud by měli příležitost si únikovou hru na podobném principu opět zahrát, rádi by se zúčastnili, případně i té samé – za několik let, až zapomenou, jak se řešily jednotlivé úkoly.

### 5.3. Celkové shrnutí testování

Únikové hry se snaží poskytnout účastníkům autentický zážitek nasimulovat dané prostředí tak, aby byl co možná nejrealnější. Avšak i přes tuto snahu, i když se účastníci do hry ponoří, stále ke hře budou přistupovat jako ke hře, ve které by na sebe jednotlivé části měly dobře navazovat a úspěšné zvládnutí je měřeno časem. Budou se proto vždy primárně zaměřovat na „hledání nápověd“ nikoliv na to, jak by řešili a „kde a co“ by hledali v reálné situaci.

Zde byli účastníci „předem varováni“ při pozvání k testování hry, že řešení rébusů bude mít z velké části fyzikální podstatu. Pravděpodobně z toho důvodu se všechny skupiny vrhly nejprve na hledání nápověd a pomůcek, „které by se mohly hodit“. Krátké rozptýlení znamenalo i falešné nápovědy ve zprávě o profesorovi, kterou obdrželi na začátku (hledání bot, do kterých by si dal papírky, zápisník, kde bude 15 způsobů rozdělení ohně apod.). Tak

se pokaždé stalo, že se na hromádce objevily nejrůznější věci, ale nikdo z nich nepřidal na hromádku brašnu s notebookem, dokonce ji nejprve nikdo ani neprohlédl, aby se podíval, co brašna obsahuje. Přestože ve většině skupin někdo poznamenal, že vidí brašnu s notebookem. Až nakonec, když zůstali chvíli bezradně stát nad hromádkou věcí, začali účastníci přemýšlet, kde by profesor asi zápisky mohl mít. Proto byl notebook i flash disk zapojen do hry až po nějaké době. Je zajímavé, že přestože účastníci znali cíl – najít profesorovy zápisky a výpočty, hledali nejprve všude jinde – od knihy se Shakespearovými komedii ležící na profesorově stole, až po prázdné papíry v tiskárně, než se dostali k profesorovu notebooku a flash disku. V zavřeném notebooku byla vložena kartička s rovnicí k heslu. Zde většinou trvalo, než si skupiny nápovědy utřídily a zjistily, co všechno potřebují, případně zda jim něco chybí. První skupiny měly v nápovědách jen jednu zmínku o profesorově zalévání květiny na stole, takže jim většinou trvalo, než našly nápovědu z vázy, naopak poslední 2 skupiny už měly upravenou verzi, kde to je zmíněno již víckrát, takže květinu zalily ještě dřív, než našly lístek s rovnicí. Ve chvíli, kdy ho objevily, bylo jim již jasné, že jejich úkolem je v dalších nápovědách najít hodnoty proměnných do rovnice, aby mohly notebook odemknout. Malé zdržení pak u všech představovalo rozmyšlení toho, jak je to s vodními hodinami, ne všechny skupiny si všimly otvorů v kelímcích, některé je zaznamenaly až když do kelímků napustily vodu a voda začala vytékat. Měřením se většinou zabývali 2 účastníci ze skupiny a další 2 prohlíželi nápovědy a přišli na nápovědu s pilinami a magnety. Pak už všechny skupiny věděly vždy, co by měly dělat. Dalším krokem bylo zapálit svíčku.

## 6 Přílohy pro organizátory

V této příloze jsou uvedeny seznamy pomůcek, které je potřeba koupit/sehnat, a také seznam věcí, které je potřeba připravit. Jsou uvedeny v tabulce, aby si případně mohl organizátor stránku vytisknout a odškrtnout, co už je hotové.

### 6.1. Příloha 1 – Seznam pomůcek a příprav k únikové hře + pomůcky pro účastníky

#### Pomůcky potřebné k únikové hře

	váza + květiny
	Izolepa (kterou se oblepí nápověda)
	Očíslované kelímky s otvory 3×
	Kelímek se stupnicí 1×
	Obrázek s ukrytou šifrou
	Filtr (barevná fólie) + barevné fixy/tužky
	Železné piliny
	Silná neodymová magnetická páska
	Rámeček 3×
	Svíčka
	Alobal
	Vata
	AAA baterie 2×
	Gumovací pero, fixa
	Chladicí sprej
	Potravinářská fólie
	Krabička
	Zrcátko
	Kuchyňská váha
	Odměrný válec/odměrka
	Předmět na měření (např. lis na česnek)
	Knihy na ukrytí nápisu
	Flash disk
	Složku na zprávu o profesorovi
	Notebook/ počítač
	Přístup k vodě/ láhve s vodou pro vodní hodiny a zalití gelových kuliček

#### Doporučené pomůcky pro účastníky

Účastníci budou pro jednu úlohu potřebovat **baterku**, aby viděli do krabice s nápovědou, a **stopky** pro změření času u vodních hodin. Oba tyto problémy může zastat telefon, který budou mít účastníci pravděpodobně u sebe.

**Nůžky** jsou praktické pro úlohu „Oheň z baterky“, protože u nastříhaného alobalu je menší šance, že se bude úzká část trhat, než když člověk alobal jen natrhá.

Účastníci samozřejmě využijí i další pomůcky, kterou jsou uvedeny jako pomůcky k experimentům (odměrný válec, baterie...)

## 6.2. Příloha 2 – Co připravit pro jednotlivé rébusy

Seznam věcí, které je potřeba připravit pro jednotlivé úlohy.<sup>8</sup>

<b>Gelové kuličky</b>	
	Nechat nabobtnat kuličky (24 hodin předem!)
	Nápověda zalepená izolepou (p = 7)
<b>Vodní hodiny</b>	
	Proděravět a očíslovat kelímky, na nejmenší dát stupnici
	Naměřit správné časy pro jednotlivé nápovědy
<b>Barevné filtry</b>	
	Vyrobít obrázek s ukrytou barevnou šifrou a dát do rámečku (+ vyzkoušet viditelnost při osvětlení, v jakém se bude úniková hra odehrávat). Je dobré připravit i obrázek bez nápovědy.
<b>Nápis z pilin</b>	
	Připravit rámeček s magnetickým nápisem
<b>Oheň z baterky</b>	
	Připravit schématický obrázek, jak udělat oheň pomocí baterky
<b>Nápis gumovacím perem</b>	
	Papír s runami, v nichž bude ukrytý text a zároveň na papíře bude vymazaný text
<b>Periskop</b>	
	Vyrobít krabičku s nápovědou uvnitř, která nepůjde otevřít a prohlédnout zevnitř
<b>Hustota</b>	
	Přeměřit hmotnost a objem předmětu, jehož hustotu budou účastníci určovat, a upravit podle toho nápovědu na papíře s runami
<b>Další</b>	
	Rovnice
	Kniha na ukrytí nápisu
	Složka s charakteristikou profesora
	Počítač odemknutelný příslušným heslem
	Textový soubor odkazující na knihu, kde je ukrytý nápis s runami
	Varování na chladicí sprej, aby se nepoužíval přímo, ale přes něco (aby nedošlo k rozmočení papíru)

## 6.3. Příloha 3 – Složka Jonatana Erlicha

Tento text dostanou účastníci únikové hry na začátku ve složce. Text obsahuje určité nápovědy, které jim poradí, jakým způsobem u některých věcí postupovat, zároveň také částečně dokreslují životní příběh Jonatana Erlicha.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Jednotlivé položky jsou opět pro přehlednost uvedeny v tabulce, aby si mohl organizátor hry jednoduše odškrtnout věci, které už připravil

<sup>9</sup> Nápis této podkapitoly je úmyslně vložen sem, aby pro přípravu hry stačilo jen vytisknout/okopírovat následující stránku, kterou účastníci dostanou na začátku ve složce

## **Stručný životopis: Jonatan Erlich**

Narozen 8. 5. 2022, Salzburg. Rodiče pocházeli z České republiky, ale pracovali v Rakousku. V roce 2040 dokončil studium na gymnáziu Christiana Dopplera v Salzburgu. Odešel na Oxfordskou univerzitu, kterou dokončil roku 2045. V Anglii se také oženil. Následně získal doktorát. Věnoval se astrofyzice a vesmírným tělesům. Stal se jedním z předních světových odborníků v této oblasti a dále se věnoval hlavně asteroidům. Začal přednášet nejprve na Oxfordské univerzitě. Později přednášel na mnoha světových univerzitách. Po smrti manželky v roce 2086 se vrátil do Rakouska a přednášel na Technické univerzitě ve Vídni. V roce 2088 se přestěhoval do Prahy, odkud pocházeli jeho rodiče. Přednášel již jen příležitostně na různých vědeckých konferencích. Sám se dál věnoval výpočtům určování trajektorií pohybu vesmírných těles.

## **Výpovědi od kolegů profesora Erlicha (Přepis nahrávky)**

### **Prof. Thomas Mayfan (Vedoucí ústavu)**

*Kolega Erlich byl... totiž chci říci „je“ ... velmi systematický člověk. Možná trochu moc pečlivý. Je to puntičkář. Ve všem má přesný systém. Je to ohromná kapacita, co vám budu povídat. Ale od jeho úrazu na kole před čtyřmi roky má občas problémy s krátkodobou pamětí. Víte, spadl z kola, byl dva dny v kómatu. Ted' má občas výpadky. Takže si píše různé kartičky, kdyby mu něco důležitého vypadlo, aby na to nezapomněl. Tedy... píše si to svým osobitým způsobem. Museli byste se dost snažit, abyste to pochopili. Píše si to tak, aby si vzpomněl on a ostatní, aby zmátl. Různě si to šifruje, píše pozpátku a tak podobně. Říká, že si tím tříbí mysl. Miluje šifry a hlavolamy. Nevím, co by vám mohlo ještě pomoci...*

### **Dr. Teodor Brauner (sdílel s profesorem pracovnu)**

*Jonatan je fajn. Občas trochu podivín, ale ne nepříjemný. Od té doby, co mu umřela žena, mluví ještě míň než předtím. Má různé takové výstřednosti, které by vám možná mohly pomoci... Tak třeba první, co udělal, když přišel do pracovny a odložil kabát, je, že vzal vodu a zalil si květinu, kterou má na stole. Vždycky tam nějakou měl. Jednou zalil i prázdnou vázu. Zapomněl totiž, že kytky už uschla a on ji předchozí den vyhodil. No co... zvyk je železná košile. Ale to vám asi moc nepomůže... co dál. Kolega Mayfan vám asi říkal, jak to má s pamětí, že? No tak on si píše všude kartičky s věcmi, které nechce zapomenout, a dává si je do knih, k materiálům k přednáškám, do šuplíků, do stolu. Jednou si dával lístek i do boty...*

*Píše to šifrovaně a říká, že je to jako hra, že dokud nic nezapomene a zvládne všechny věci plnit, tak vyhrává.*

### **Prof. Henrik Swanovski (má pracovnu naproti)**

*Jonatan? Trochu výstřední, ale fajn, dobře se s ním povídá. Teda on moc nemluví, ale poslouchá. Má své zvláštnosti. Krom těch lístečků, co se nezasvěceným jeví jako nesmysly, má i zajímavý vkus. Jednou mě pozval, abych s ním šel na výstavu... umění říkal. Prý moderní. To nevím. Já na to moc nejsem. Mám raději fotografie než malování. Tohle byly obrazy složené z teček, některé ani nevím, co byly, ale on se znal s tím autorem. Byl to nějaký Francouz, kterého potkal, když měl několik přednášek ve Francii. Tam, kde jsem něco viděl, to bylo ještě dobré, ale někde byly jen tečky. Vím, že dostal nějaké 2 obrazy od toho Francouze namalované, pověsil si je v pracovně. Co ještě jsou nějaké zvláštnosti...*

*Možná bych se ještě vrátil k těm lístečkům, říkal, že všechny jsou schované tak, aby byly a zároveň nebyly na očích. Nikdy kvůli nim nemusí nic rozmontovávat, spíše to raději spojuje s pravidelnými zvyky jako jídlo, ústní hygiena, zalévání kytek apod. Něco, co člověk dělá pravidelně, tak na to vždy narazí. Třeba doplněním vody kytkám prý začínal vždy hned, jakmile přišel do pracovny.*

*Nebo něco ze zvyků... dřív jezdil na kole, někdy i do práce, na svůj věk byl celkem ve formě.... Tedy až do té nehody. Pak už nejezdil, zůstal na své zahrádce, nebo jezdil na výlety do přírody. Vyprávěl mi asi o patnácti způsobech, jak si rozdělat oheň s tím, co má člověk u sebe.*

*Vždycky se pro něco nadchnul a pak se tomu neúnavně věnoval. Četl si o tom, zjišťoval různé věci, rád zkoušel něco nového. Práci se věnoval pečlivě, ale mluvil o ní spíš nárazově, raději mluvil o tom, co dělá ve svém volnu.*

Další výpovědi opakovaly většinou méně obsáhle informace uvedené výše, proto ve stručné charakteristice nejsou uvedeny.

## 7 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo nejen vytvořit funkční únikovou hru, kde budou účastníci řešit různé hádanky založené na fyzikálních principech z různých oblastí fyziky (optika, magnetismu, elektřina atd.), ale také připravit materiály, podle kterých bude kdokoli hru schopen připravit. Zároveň byl kladen důraz na nízké náklady na přípravu hry a také na to, aby samotná příprava pomůcek nebyla příliš náročná nebo zdlouhavá. Protože oba tyto aspekty by někoho mohly odradit. Snaha proto byla dát možnost připravit únikovou hru, která bude zábavná, ale zvládne ji připravit každý. Cena pomůcek by neměla přesáhnout 2000 Kč. Samozřejmě pokud má organizátor některé pomůcky (jako odměrný válec, chladicí sprej apod) už předem, cena může vyjít i na něco málo přes 600 Kč.

Do této ceny není zahrnuta cena kuchyňské váhy. Pokud by chtěl někdo hru připravovat víckrát, většina pomůcek se dá použít opakovaně. Baterie vydrží poměrně hodně pokusů, nejnáročnější na spotřebu je chladicí sprej.

V práci jsme se v jednotlivých kapitolách věnovali struktuře únikové hry, fyzikální podstatě jednotlivých rébusů a také jejich možným úskalím ať už v přípravě nebo řešení. Podrobně jsme si prošli jednotlivá testování a shrnuli, které věci změnit pro lepší plynulost hry a lepší zážitek. I přes první neúspěšné testování můžeme nakonec říci, že hra po jistých úpravách a změnách byla pro účastníky zajímavá, zábavná i poučná. A to ať jsou na základní, střední, vysoké škole nebo už nestudují. Vidíme, že hra splnila nároky, které jsme na ni od počátku kladli.

Co se týče počtu účastníků, optimální počet vychází na 4, protože jsou zde úlohy, které jdou plnit paralelně a hráči se mohou u úloh vystřídat. Tři účastníci dávají samozřejmě větší šanci, aby si účastníci v průměru vyřešili více úloh, ale pokud se hráči dělí k úlohám (například: někdo měří vodní hodiny a někdo dává dohromady pomůcky na stole, aby našel nápis z magnetických pilin), pak je lepší, když budou dva a dva. Pokud však máme zvědavé účastníky, kteří si věci nejráději zkouší sami a vše „jim musí projít rukama“, je žádoucí dělat skupiny po 2.

Vedlejším produktem této hry může být sbírka pokusů (samozřejmě lze rozšířit o mnohé další), které můžeme použít jednak jako motivační pokusy k jednotlivým tématům ve fyzice. Ale především (vzhledem k tomu, že jednotlivé experimenty jsou z různých oblastí fyziky) je lze použít pro žáky během jejich prvních hodin fyziky jako motivační úlohy toho, čemu všemu se během jejich školních let ve fyzice naučí a čemu díky fyzice porozumí. Žáci v 6. třídě dostali příležitost si pokusy sami samostatně vyzkoušet s tím, že během svých let na základní škole se naučí i proč to tak funguje. U žáků měla tato ukázka velký úspěch a u některých i pomohla s přehodnocením vztahu k fyzice.

## 8 Literatura

BreakoutEDU (n.d.). BreakoutEDU, (vid. 14. 7. 2021). Dostupné z: <https://www.breakoutedu.com/>

Carnegie, A., Mercer, T., Abbott, E., [Cognito], (vid. 11. 2. 2020) *GCSE Physics - Visible Light and Colour #71* [Video File]. Dostupné z: <https://youtu.be/KnIualWf6Rs?list=LL&t=319>

Escape room. (n.d.). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. (vid. 22. 6. 2021). Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Escape\\_room](https://en.wikipedia.org/wiki/Escape_room)

Nippon.com (2016, 24. srpna). *The Science Behind Frixion Erasable Pens*, (vid. 22. 6. 2021). Dostupné z: <https://www.nippon.com/en/features/c00520/>

Odbor statistiky obyvatelstva (2014). *Úroveň vzdělávání obyvatelstva podle výsledků sčítání lidu*, str. 6-7. <https://www.czso.cz/documents/10180/20536250/17023214.pdf/7545a15a-8565-458b-b4e3-e8bf43255b12?version=1.1>

Průcha, J. (2009). *Pedagogická encyklopedie*. Praha: Portál.

Svoboda, E., Bartuška, K., Bednařík, M., Lepil, O., Šíroková, M. (2016). *Přehled středoškolské fyziky*. Praha: Prometheus.

The Escape Classroom (2016). The Escape Classroom, (vid. 14. 7. 2021). Dostupné z: <https://www.theescapeclassroom.com/>

Thies, C. In *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed.; New York: Wiley, 1993; Vol. 16, str. 628.

Vörös, A. I. V., Sárközi, Zs. (2017). Physics escape room as an educational tool. In *AIP Conference Proceedings 1916*, 050002. <https://doi.org/10.1063/1.5017455>

Vörös, A. I. V., Fülöp, C., Sárközi, Zs. (2020). Fluid Dynamics Knowledge Comparison of Students with Different Educational Background. In *AIP Conference Proceedings 2218*, 060007. <https://doi.org/10.1063/5.0001746>

Vybíral, B. (2003). *Mechanika ideálních kapalin*. Knihovnička FO č. 62, Hradec Králové: MAFY.

White, M. A., LeBlanc, M., (1999). Thermochromism in Commercial Products, *Journal of Chemical Education*, 76(9), 1201-1205. <https://doi.org/10.1021/ed076p1201>