

## Fyzikální gamebook

Fyzikální gamebook je metodický materiál, který poutavou a nenásilnou formou přiměje žáka přemýšlet nad zajímavými fyzikálními problémy, které se dají snadno interpretovat na domácích experimentech.

Čtenář se v průběhu příběhu seznámí s celkem osmi často překvapivými experimenty, u kterých je vždy doplněn návod, řešení, vysvětlení a průpravné zamyšlení nebo pokus.

Fyzikální gamebook vznikl v rámci bakalářské práce s názvem Fyzikální pokusy a gamebook. Autorkou této bakalářské práce je Jasmína Tarakjiová, studentka Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, oboru Fyzika zaměřená na vzdělávání, která pracovala pod vedením RNDr. Jitky Houfkové, Ph.D.

Máte-li k Fyzikálnímu gamebooku jakékoliv připomínky, neváhejte napsat email na [jasmina.t@seznam.cz](mailto:jasmina.t@seznam.cz).

## **Bud' vítán, šlechtný čtenáři či čtenářko!**

Přicházíš právě včas! Z magického království, ve kterém jsou jindy 4 základní interakce v harmonii, zmizel klíč k udržení stability vesmíru. Zmocnil se ho zlý čaroděj Fyzilam a chystá se ho zničit. To nesmíme dopustit! S tvou pomocí bychom měli šanci čaroděje přemoci, získat klíč stability a zachránit tak veškeré živoucí i neživoucí poklady světa. Závisí na nás osud všech a je jen na tobě, jestli v sobě najdeš dostatek odvahy a odhodlání, abychom to dokázali! Čas nám nehraje moc do karet, ale je relativní, takže když budeme spolupracovat a přemýšlet efektivně, nemůže nás nic zastavit.

Musím tě však varovat! Cesta nebude vždy lehká, ba naopak. Je třeba počítat se ztíženými podmínkami, které mohou být způsobeny na nás seslanými zaklínadly, ale třeba i překážkami, které nás cestou čekají. Když si udržíme zdravý rozum a jistou dávku vynalézavosti, nic z toho nás v cestě za záchranou světa nezastaví!

Než se vydáme na cestu, dám ti ještě pár rad, jak se neztratit:

1. Je potřeba důsledně číst a odpovídat na případné otázky podle tvého nejlepšího vědomí a svědomí. Sebedůvěra ve vlastní dovednosti a trefná intuice se nám budou cestou jediné hodit, přibal je s sebou!
2. Z cesty nikam neuhýbej. Mohlo by se narušit časové kontinuum, což by nám mohlo cestu překazit a Fyzilam by tak dosáhl svého.
3. Naslouchej mým pokynům, snažím se ti pomoci a navádět tě na správnou cestu – musíme si věřit navzájem. Já už jsem nyní přesvědčena o tom, že to spolu dokážeme!
4. K uchování vzpomínek a poznámek si připrav Cestovatelský zápisník. Cestou můžeme narazit na mnoho překážek, jejichž řešení stojí za to si uchovat v paměti. Třeba jich ještě v budoucnu někdy využiješ.
5. A v neposlední řadě – užij si to! Taková výprava se koná jednou za život a já věřím, že to bude pořádná jízda.

A teď už nezbyvá nic jiného, než nám popřát šťastnou cestu! Tedy pokud se ovšem hodláš na naši společnou výpravu vydat. To nejdůležitější už víš, teď zbývá jediné. Odpovědět na to, jestli jdeš se mnou zachránit svět!

---

Jestli zní tvá odpověď **NE**,

můžeš knížku zase zavřít a jít si hledět svého. Budu muset hledat jiného hrdinu a doufat, že nám na záchranu světa zbude ještě dostatek času.

Jestli zní tvá odpověď **ANO**,

tak tě vítám na palubě! Čas nám utíká, takže už to nebudu zbytečně protahovat. Otoč na stranu **6** a pusťme se do toho!

Vydáváme se opačným směrem, než který jsme pozorovali na mapě skrz sklenici. Cesta nám rychle ubíhá, čas máme zatím stále dobrý. Fyzilam nás nejspíš musel ztratit z dohledu, protože nám už dlouho nevyvedl nějakou neplechu, která by nám zkomplikovala cestu. Hlavně to nezakřiknout. Šlapeme dál a hledáme nějaký náznak, že jsme opravdu zvolili trasu, která je kratší než původní plán. Pojďme odpověď odhalit v následujícím pokusu!

---

### Budeš potřebovat:

- Zavařovací sklenici (postačí i libovolná hladká sklenička válcového tvaru)
- Vodu
- Papír
- Psací potřeby

### Postupuj takto:

Na papír si nakresli vodorovné šipky. Dále si můžeš dle libosti přikreslit jiné obrázky či písmena. Papír upevni do svislé polohy (např. opři o zeď, přichytni do kancelářských desek, připni lepenkou...). Postav sklenici před papír tak, aby se ti skrz sklenici dobře pozorovalo tvé malby. Začni se sklenicí ve vzdálenosti 5 cm od papíru. Přilij do sklenice vodu, následně ji od papíru vzdaluj. Zapiš svá pozorování.

---

Pojďme se spolu v rychlosti ještě vrhnout na pozorování vlastností spojné čočky pomocí lupy. Vezmi si k ruce lupu a svůj obrázek. Polož lupu na obrázek a popiš, co vidíš. Následně lupu uchop a od obrázku se začni vzdalovat. Změnily se vlastnosti pozorovaného obrazu? Co když se podíváš lupou z okna na vzdálené budovy?

Sklenice s vodou fungovala v našem případě jako válcová čočka. Obraz přes takovou čočku vidíme zvětšený, po stranách případně lehce deformovaný, a co je pro nás nejdůležitější, vidíme ho stranově převrácený. (Pozor však na to, aby obrázek nebyl moc veliký nebo sklenice příliš daleko od obrázku.)

To znamená, že šipka mířící směrem do Fyzilamova doupěte se nám skrz sklenici jevila opačně.

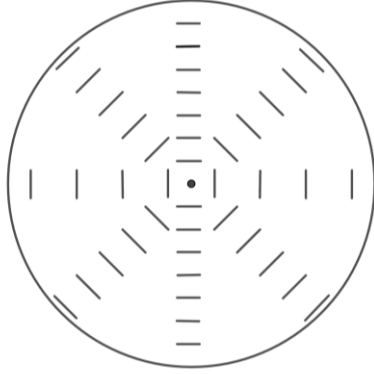
Tím, že jsme se rozhodli vydat opačným směrem, než nám ukazovala šipka skrz sklenici, jsme se vydali skutečně správnou, tedy kratší cestou. Získali jsme si touto volbou solidní náskok. Na obzoru se nám začala tyčit vysoká skála. To je dobré znamení, blížíme se vskutku rychlým tempem. Jak jsi na tom se silami? Máš dostatek odhodlání jít dál?

---

Jestli máš chuť na kratší **pauzu** a až po ní se vydáš směrem ke skále, otoč na stranu [19](#).

Jestli chceš pokračovat **hned** a neztrácet čas, otoč na stranu [24](#).

Knihovna se nachází v kruhovém sále. Regály jsou postaveny v zástupech, které začínají ve středu a táhnou se až ke zdi. Uprostřed místnosti je stůl. Zástupů bude minimálně 8, možná však i víc, ale to teď není důležité. Zajímavé však je, že ne všechny zástupy jsou tvořeny stejným počtem regálů.



Mám nápad, jak bychom mohli Fyzilama přelstít! Nalákám ho doprostřed místnosti a ty pak na něj svalíš zástup regálů, který postupně popadá jako kostky domina. Fyzilamovi to jistě neublíží, na to je až příliš mocný. Jelikož však máme klíč od stability vesmíru, stačí ho jen rozptýlit a zdržet, než mu unikneme do míst, kde už na nás bude krátký. Po navrácení klíče stability bude svět zachráněn a o Fyzilama už se postarají 4 základní interakce, které ho promění v pouhou fyzikální hříčku.

Jdu na to. Zavolám na něj a pokusím se ho dostat ke stolku. Zbytek je na tobě. Nevím, jak dlouho ho tam dokážu udržet. Snaž se vybrat zástup, který popadá nejrychleji. Šanci máme jenom jednu!

...

TEĎ!

---

Jestliže svalíš zástup, který je tvořen **největším** počtem regálů, otoč na stranu [15](#).

Jestliže svalíš zástup, který je tvořen **nejmenším** počtem regálů, otoč na stranu [9](#).

Myslíš, že rozinky budou nerozhodné a my se máme vydat jeskyní. Nezbyvá nám nic jiného než se pokusit tuto hypotézu potvrdit. Pojdme se do toho vrhnout a ověřit si výsledek následujícím pokusem!

### **Budeš potřebovat:**

- Průhlednou skleničku
- Perlivou vodu
- Rozinky

### **Postupuj takto:**

Skleničku naplň perlivou vodou. Přisyp pár rozinek a pozoruj, co se bude dít! Nezapomeň si výsledky poznamenat, případně i časově měřit.

### **Alternativa:**

Jestliže nemáš zrovna po ruce minerálku, můžeš ji zaměnit za 300 ml vody, 5 lžic octu a 2 lžičky sody. V tomto postupu začni smícháním vody a sody. Následně přidej rozinky. Teprve jako poslední krok přidej pomalu ocet.

Představ si, že bychom učili úplného neplavce, aby se neutopil. Kromě šlapání vody využijeme navíc výborných pomocníků – nafukovacího plovacího kruhu či rukávků. Tyto pomůcky jsou napuštěny plynem (většinou vzduchem), který má výrazně menší hustotu než voda, a proto udrží člověka při hladině. (Ne)plavec s rukávky má tedy nižší průměrnou hustotu než voda stejně jako rozinky s bublinkami. Pokud bychom však rukávky propíchlí, člověka by to opět táhlo ke dnu.

Sedíme u pramenu, a napjatí pozorujeme, jakým směrem nás magické rozinky navedou. Po jejich vhození do perlivé vody to vypadá, jako by se rázem roztančily! Rozinky začínají svou taneční kreaci u dna, protože mají vyšší hustotu než voda. Jelikož je voda perlivá, přichytí se množství bublinek oxidu uhličitého na rozinky a ty začnou stoupat ke hladině. Celková průměrná hustota rozinek s bublinkami, které je nadnáší, je nižší než hustota samotné vody. U hladiny se bublinky uvolní do vzduchu, rozinky tak opět klesají ke dnu a jev se znovu opakuje.

To může znamenat jediné. Měli bychom se vydat jeskyní! Tvá volba byla rychlá a přesná. Je vidět, že máš za ušima! Takovým tempem budeme brzy na místě, ale nesmíme to zakřiknout.

Zastavíme se u vchodu do jeskyně a chvíli nahlížíme dovnitř. Zdá se, že terén bude složitý, a tma a vlhko neúprosné. V tu chvíli z jeskyně vylétlo hejno netopýrů. Co se dá dělat. Není cesty zpět!

Čeká nás cesta jeskyní, otoč na stranu [11](#).

## Čarovné cestování snadno a rychle

**Nejnovější výtisk Magického nakladatelství v Kouzlákově.**

**Počet cestovních stránkojízdenek: 100**

**Počet destinací, na které lze zavítat: ∞**

**Čas přenosu: nově jen za čas mrknutí oka!**

**Jak cestovat: Vytrhněte libovolnou stránkojízdenku, napište na ni cílovou destinaci a následně stránkou projděte. Snadnější už to být nemůže. Přejeme šťastnou cestu!**

To je vše, co potřebujeme vědět. Zároveň je to jediné, co se v knize píše. Dalšíh 100 stránek (asi už o trochu méně) je úplně bílých, nepopsaných. Vytrhávám stránku a ze stolu, na kterém se válí kancelářské potřeby, popadám psací pero. Magické království. Tam bude naše cesta končit.

Už slyším řev Fyzilama, jak se probíjí knihovnou. Běžím zabarikádovat dveře, ať nám trochu nahromadím čas.

Připrav zatím cestovní portál ze stránkojízdenky. Musíme projít listem papíru. Pusť se do toho!

---

Pokud **znáš** způsob, jak projít listem papíru, otoč na stranu [21](#).

Pokud **neznáš** způsob, jak projít listem papíru, a půjdeš radši zabarikádovat dveře, otoč na stranu [18](#).

Tady naše dobrodružství začíná.

Musíme se co nejrychleji přemístit do doupěte zlomyslného čaroděje Fyzilama. Nejrychlejší cesta vede skrz vísku, kterou lemují jezera Čistka a Solka. Jak už názvy napovídají, v jezeře Čistka se vyskytuje obyčejná, ničím neposkvrněná voda.

V jezeře Solka je naopak od pradávna voda slaná. Pověst vypráví, že ji osolil Fyzilam svými kouzly, a navíc do ní pravidelně přilévá slzy neúspěšných odvážlivců, kteří se ho pokusili přemoct. Ale žádné strachy, tyto hypotézy zatím nikdo nepotvrdil. Stačí jen přejít přes jeden z mostů, které vedou přes jezera, a brzy budeme zase o kus blíž.

Ale ne! Zdá se, že Fyzilam už vycítil, že se k němu blížíme, a seslal na nás první pohromu! Z nebe padají obrovské kusy ledu! Utíkej za mnou, musíme se schovat!

...

Chvilí teď počkáme ukryti v bezpečí tady v jeskyňce. Máme odsud alespoň dobrý výhled a můžeme sledovat, jak se situace vyvíjí.

Zdá se, že padající led oba mosty poškodil. V tuto chvíli přes ně nebude možné přejít. A čekat, až je obyvatelé vísky opraví, by nás velmi zdrželo... Mám nápad! Podívej se pořádně na jezera. Vidíš to taky?

Některé kusy ledu se udržely na hladině a šlo by po nich s jistou dávkou opatrnosti přejít. Když ještě chvilku počkáme, dopadají poslední kusy ledu a my se budeme moct opět bezpečně vydat na cestu. Fyzilam totiž není dostatečně silný, a tak jeho seslaná kouzla nevydrží působit o moc déle než pár minut. Alespoň máme ještě čas promyslet si, přes které jezero se vydáme. Ledy začnou jistě brzo tát, takže nebudeme mít času nazbyt a je potřeba se pořádně zamyslet, než učiníme naše první velké rozhodnutí. Jestliže si nevybereme dobře, hrozí nám, že led roztaje dřív, než se dostaneme přes jezero

Máme posledních pár chvil, tak si to nech projít hlavou a pak mi řekni, přes kterou ledovou stezku vytvořenou na jezeře se vydáme: přes obyčejné jezero Čistku, nebo přes slané jezero Solku?

---

Jestliže se vydáme po ledových krách přes obyčejné jezero **Čistku**, otoč na stranu [13](#).

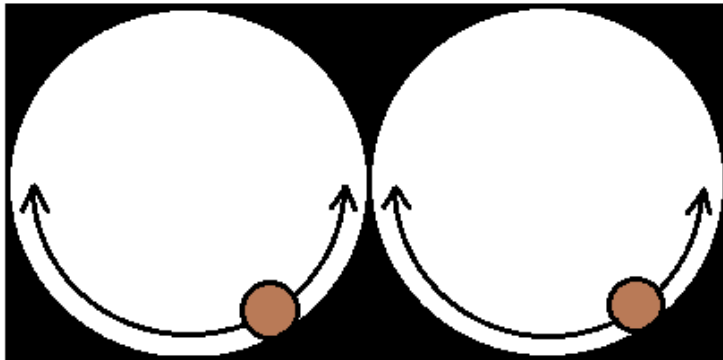
Jestliže se vydáme po ledových krách přes slané jezero **Solku**, otoč na stranu [10](#).

Vcházíme do Fyzilamovy tvrže hlavním vchodem.

*Tak vás tady pěkně vítám! Nemyslete si, že jsem vás tu nečekal, sleduji každíčký váš krok už od přechodu jezera! Nevěřil jsem, že zvládnete dojít až takhle daleko, ale když už tu jste, můžu se aspoň na váš účet ještě chvíli pobavit!*

Jak to Fyzilam dořekl, luskl prsty a zmizel. Hlavní chodba se rázem kouzlem proměnila na 2 užší, které vypadají téměř jako 2 kruhové tunely. Tím to ale nekončí. V těchto chodbách se po našem přiblížení začaly valit velké sudy, které by nás mohly rozmáčknout. Chvíli stojíme a snažíme se vymyslet, kterou chodbou se vydat. V obou chodbách se nástrahy chovají podobně. Jejich pohyb se velmi podobá zkušenému skateboardistovi na U-rampě. Sudy se valí doleva, pak zase doprava, pak zase doleva, a tak pořád dokola a dokola.

To snad ne! Zed' za námi se dala do pohybu! Musíme se rozmyslet rychle, jinak nás do jednoho z tunelů vtlačí sama, nebo hůř, rozmáčkne o zed'!



Přece jen si ale všímáme informace, která by nám mohla při rozhodování velmi pomoci! Sudy se od sebe liší. Nebo spíš jejich obsah! Mají to na sobě napsáno, což se nám po chvíli soustředěném čtení, podaří rozluštit. V levé chodbě se valí sudy, které obsahují limonádu a jsou protřepány. V pravé chodbě se naopak valí sudy, které jsou neprotřepané. Sudy se nebudou valit věčně, je tedy otázkou, které se zastaví dřív, a my budeme moct bezpečně pokračovat dál. Kterou chodbu zvolit, abychom se rychle a bezbolestně vyhnuli sudům?

---

Jestli myslíš, že se sudy zastaví rychleji v levé chodbě, kde jsou sudy naplněny limonádou a **protřepány**, otoč na stranu [23](#).

Jestli myslíš, že se sudy zastaví rychleji v pravé chodbě, kde jsou sudy naplněny limonádou a **neprotřepány**, otoč na stranu [30](#).



Vydáváš se po stopách linoucího se pachu.

Jestli se tvým smyslům podařilo tě ošálit, zjisti v následujícím experimentu:

### Budeš potřebovat:

- Kostkový cukr (postačí i sypký cukr)
- Hmoždíř s tloučkem (případně mělký talíř a pevnou průhlednou misku s plochým dnem)

### Postupuj takto:

Pro ideální podmínky pozorování výsledků experimentu si v místnosti zatemni, jak nejvíc můžeš. Dej očím pár chvil, aby si na tmou zvykly.

Cukr vhod' do hmoždíře a tloučkem ho začni drtit. Užij si podívanou.

Pokud nemáš k dispozici hmoždíř a tlouček, postupuj následovně. Kostky cukru polož na talíř a na ně polož misku otočenou dnem dolů. Chytni misku za okraje a začni na ni tlačit, tím docílíš drcení cukru.

Podobného efektu lze dosáhnout i při křesání křemeny. Od místa střetu si můžeme všimnout vylétajících jisker. Jedná se o projev triboluminiscence. Jestli nějaké křemeny máš po ruce, můžeš zkusit i tento způsob. (Pozn.: Pro zažehnutí ohně bychom museli o křemen křísnout ideálně pyritem neboli disulfidem železnatým. To je minerál, jehož název pochází z řečtiny a znamená oheň, a kterému se kvůli často zlatavé barvě přezdívá kočičí zlato.)

Zdá se, že tě tvůj čuch ošálil. Ať už se ta vůně linula odkudkoliv, za mnou tě nenavedla. Když se však budeš ještě jednou pořádně soustředit a rozhlížet kolem sebe, spatříš, že se na jednom místě objevují světelné záblesky. Drcením cukru jsem vlastně rozbíjela asymetrické krystaly, které jej tvoří. Ty se rozdělí na krystalky s rozdílnými elektrickými náboji. Aby se krystaly opět staly neutrálními, probije mezi nimi menší výboj, který je ve tmě viditelný.

I přes prvotní zaváhání se nám podařilo docílit opětovného shledání, a ruku v ruce pokračujeme v hledání výlezu z jeskyně. Jakmile zahýbáme za další roh, vyskytuje se nám pohled na světlo na konci tunelu. Vylézáme z jeskyně a užíváme si čerstvého vzduchu a jasného dne.

Před námi se tyčí Fyzilamova tvrz. Zbývá už jen kousek a my se mu konečně postavíme tváří v tvář. Měli bychom si předem rozmyslet, jaký postup útoku zvolíme. Možná ani nebude potřeba útočit... Mohli bychom se pokusit do tvrze nenápadně vkrást, aniž by si nás všiml. Nevíme však, jestli o nás Fyzilam už dávno neví. Rozhodování je těžké, ale teď už není cesty zpět. Jak budeme postupovat?

Jestliže se chceš do Fyzilamovy tvrze **nenápadně** vkrást a pokusit se získat klíč ke stabilitě vesmíru, aniž by si nás všiml, otoč na stranu [22](#).

Jestliže chceš do Fyzilamovy tvrze nakráčat hlavním vchodem a postavit se mu **tváří v tvář**, otoč na stranu [7](#).

Vybíráš zástup, který je tvořen nejmenším počtem regálů. Vyzkoušej si to i doma:

---

**Budeš potřebovat:**

- Kostky domina (případně jiné bloky, kostky lega...)

**Postupuj takto:**

Sestav vedle sebe 2 stejné zástupy z kostek. Z jednoho zástupu pak každou druhou kostku vyjmi. Pohled shora bude vypadat jako na obrázku. Můžeš spustit závody.

---

Představ si, že hraješ se svými kamarády *na babu*. Pohybovat se můžete jen v ohraničeném poli. Nejdřív hraješ se všemi kamarády. Po nějaké době to polovinu z nich přestane bavit, a odejdou. Hra bude pokračovat dál ve stejném poli, ale hráčů bude o polovinu méně. V jakém případě se baba předávala rychleji?

Regály se líně valí směrem k Fyzilamovi. Regály, které by stály blíž u sebe, nemusí udělat velký pohyb pro to, aby do sebe narazily – jejich čela urazí celkově kratší dráhu. To znamená, že námi zvolený zástup s polovičním počtem regálů je pomalejší, protože každému jednotlivému regálu trvá déle, než se nakloní natolik, aby narazil do dalšího – celková dráha jejich čel je delší.

Fyzilam stíhá včas reagovat, a uskakuje před padajícím posledním regálem. Z očí mu číší zloba, ale to nás nezastraší, a společně rozpohybujeme i ostatní zástupy. Tentokrát nemá šanci a končí uvězněn pod hromadou knih. Letmým pohledem prohlédneme některé tituly. Jsou mezi nimi názvy jako *Magické lektvary*, *Kouzelná zaklínadla*, ale třeba i *Čarovné cestování*. Poslední knížku znám! Ta se nám teď bude náramně hodit! Popadám ji spolu s tebou a běžíme zpátky do hlavního sálu. Tady teď budeme mít chvíli klid, než se Fyzilam probouje hromadou spisů a půjde nám opět po stopě.

Pokládám knížku *Čarovné cestování* na stůl a otevírám ji na první stránce.

---

Co se na ní píše zjistíš na straně [5](#).

Pro náš přechod volíme jezero Solku.

Zdá se, že už dopadl poslední obrovský kus ledu a my se můžeme vydat na cestu! Musíme postupovat svižně, avšak opatrně. Dopadne to s námi dobře? To si ověř v následujícím pokusu:

### Budeš potřebovat:

- 2 ideálně stejné skleničky
- Nádobu s vodou (Chceme zajistit stejnou počáteční teplotu v obou sklenicích.)
- Sůl (Zhruba jednu polévkovou lžici na 100 ml vody)
- Ledové kostky (Tip: obarvíš-li si vodu před vložením do mrazáku potravinářským barvivem, bude se ti lépe pozorovat, co se děje uvnitř, a usnadní ti to pochopení výsledku.)

### Postupuj takto:

Do skleniček nalij z nádoby vodu. Do jedné z nich přidej sůl a pořádně promíchej, dokud se veškerá sůl nerozpustí. Nezapomeň, která sklenička je která. Pak už jen stačí vložit kostky ledu a pozorovat, co se bude dít. Můžeš případně měřit čas, ale výsledek by měl být jasný i pouhým okem. Výsledky si zapiš do záznamníku.

U břehu Solky se zdá být zatím vše v pořádku. Ledových ker je v jezeře opravdu spousta, a tak nám nehrozí, že bychom nemohli přecházet z jedné na druhou. Vždy se najde nějaká sousední, na kterou hravě přeskočíme. Uvidíme, jak nám bude cesta ubíhat, přeci jen nám pár minut zabere a stát se může cokoliv.

Pro další zkoumání hustoty teplé a studené vody si můžeš vytvořit Podvodní sopku. Budeš k tomu potřebovat velkou sklenici, malou nádobku (dobře poslouží třeba víčko od zvýrazňovače), potravinářské barvivo, špejli, lepenku, studenou a vroucí vodu. Začni tak, že do velké sklenice naliješ studenou vodu. K malé nádobce připevni lepenkou špejli. Následně do ní nalij trochu barviva a smíchej s vroucí vodou. Naplněnou nádobku ponoř s pomocí špejle až ke dnu velké sklenice. Horká obarvená voda z nádobky začne stoupat k hladině – má menší hustotu než voda studená.

Naše obavy se nenaplnily. Ledové kry ke konci našeho přechodu už značně roztály, ale vyvázli jsme z toho jen s mokkými botami. Ale že to pěkně studilo, vid'?

Ve slané vodě se odtávající voda stále drží na hladině a vytváří tak studený ostrov, který kry obklopuje. Hustota slané vody je totiž větší než hustota vody čisté. Kdybychom se ponořili ke dnu slaného jezera, voda by zde byla teplejší než na hladině kolem tajícího ledu.

Čistá studená voda má oproti čisté teplé větší hustotu, takže voda vzniklá táním ledu v Čistce klesá ke dnu. Kry jsou v Čistce obklopeny teplejší vodou a roztají rychleji.

Nyní vyvstává otázka, co dál. Zdá se, že ve více začíná být živo.

Jestli navrhuješ jít se **podívat do vísky** a navázat kontakt s místními, otoč na stranu [26](#).

Jestli navrhuješ **vyhnout se více** a pokračovat rovnou v cestě, otoč na stranu [16](#).

Vcházíme do jeskyně.

Zatím nevidíme světlo naznačující výlez na druhé straně, ale pojdme se vydat dál. Musíme jít velice opatrně. Tma nás pomalu obklopuje čím dál víc, až jsme jí nakonec úplně pohlceni. Terén se pod námi klikatí, jak přecházíme přes různé nástrahy položené na cestě. Většinou se jedná o různé kamenné bloky, které se musely uvolnit ze stropu či stěn průchodu. Občas o nějaké kameny zakopáváme, ale není to nic, co bychom neustáli.

Cesta je vskutku zrádná a tmavá. V jednu chvíli prolétlo těsně kolem nás hejno netopýrů. Úlekem a následnou ztrátou orientace jsme se v jednu chvíli ocitli každý v jiné části jeskyně. Ať na sebe voláme, jak chceme, nedaří se nám vzájemně dohledat. Zvuk se tu všelijak odráží a spíš nás jeho následování klame. Kdyby tak šel vymyslet způsob, jak se toho vyvarovat, nebo se najít jiným způsobem...

Mám asi nápad! A stačí nám k tomu jediná věc – cukr! Bílý zabiják nám z této svízelné situace může pomoci. Sundám si batoh a podle hmatu se snažím najít drobnou zásobičku, kterou mám vždy s sebou. Vybírám kamenný blok, který mám v úrovni pasu, a využiji ho jako improvizovaný pracovní stůl. Cukr vysypu do suchého mělkého důlku vytvořeného nejspíš díky vymílání vody. Aspoň se mi tak bude ve tmě dobře orientovat, a nebudu muset řešit rozsypaný cukr všude okolo. Vezmu do ruky kámen, o který jsem před chvílí zakopla, a začnu jím cukr drtit. Důlek není vůbec hluboký, takže to jde opravdu snadno.

Ted' už víš, kde mě hledat?

---

Ano, vidím tě!

Jestli myslíš, že mě díky cukru budeš moct najít díky **pozorování**, otoč na stranu [28](#).

Ano, slyším tě!

Jestli myslíš, že mě díky cukru budeš moct najít díky pečlivému **naslouchání**, otoč na stranu [20](#).

Ano, cítím tě!

Jestli myslíš, že mě díky cukru budeš moct vystopovat díky následování **vůně**, otoč na stranu [8](#).

Myslíš, že rozinky klesnou ke dnu a my se proto máme vydat dolinou. Pro urychlení našeho rozhodnutí navrhuji toto: já půjdu napřed dolů do doliny a obhlédnu v rychlosti, jak to tam vypadá. Ty zatím využiješ magických cestovních rozinek, abychom se ujistili, že i ony nám doporučují vydat se touto cestou. Za chvíli se tu sejdem a předáme si výsledky našich pozorování!

---

### **Budeš potřebovat:**

- Průhlednou skleničku
- Perlivou vodu
- Rozinky

### **Postupuj takto:**

Skleničku naplň perlivou vodou. Přisyp pár rozinek a pozoruj, co se bude dít! Nezapomeň si výsledky poznamenat, případně i časově měřit.

### **Alternativa:**

Jestliže nemáš zrovna po ruce minerálku, můžeš ji zaměnit za 300 ml vody, 5 lžic octu a 2 lžičky sody. V tomto postupu začni smícháním vody a sody. Následně přidej rozinky. Teprve jako poslední krok přidej pomalu ocet.

---

Představ si, že bychom učili úplného neplavce, aby se neutopil. Kromě šlapání vody využijeme navíc výborných pomocníků – nafukovacího plovacího kruhu či rukávků. Tyto pomůcky jsou napuštěny plynem (většinou vzduchem), který má výrazně menší hustotu než voda, a proto udrží člověka při hladině. (Ne)plavec s rukávkami má tedy nižší průměrnou hustotu než voda stejně jako rozinky s bublinkami. Pokud bychom však rukávkami propíchnli, člověka by to opět táhlo ke dnu.

Tak jsem zpátky! Koukám, že jsi zrovna uprostřed zkoumání. Vypadá to, jako by se naše magické cestovní rozinky roztančily! Rozinky začínají svou taneční kreaci u dna, protože mají vyšší hustotu než voda. Jelikož je voda perlivá, přichytí se množství bublinek oxidu uhličitého na rozinky a ty začnou stoupat ke hladině. Celková průměrná hustota rozinek s bublinkami, které je nadnáší, je nižší než hustota samotné vody. U hladiny se bublinky uvolní do vzduchu, rozinky tak opět klesají ke dnu a jev se znovu opakuje.

To může znamenat jediné. Měli bychom se vydat jeskyní! Já jsem všemi deseti pro rozinkám uvěřit. Chvíli po mém odchodu do doliny jsem se ponořila do mlhy, která ji obklopila. Nebylo vidět na krok, ale po vynaložení určité snahy jsem se v prostoru zorientovala. Zbývalo mi udělat jen jeden jediný krok navíc, a zapadla bych do širého mokřadu, z kterého bych se už nejspíš nevrátila. Naštěstí jsem si rozbahněné půdy všimla včas, a mohla se vrátit za tebou! Mám podezření, že tu mlhu seslal Fyzilam. Jakmile jsem se otočila k návratu, mlha se během pár sekund rozplynula.

---

Čeká nás cesta jeskyní, otoč na stranu [11](#).

Pro náš přechod volíme jezero Čistku.

Zdá se, že už dopadl poslední obrovský kus ledu a my se můžeme vydat na cestu! Dopadne to s námi dobře? To si ověř v následujícím pokusu:

### Budeš potřebovat:

- 2 ideálně stejné skleničky
- Nádobu s vodou (Chceme zajistit stejnou počáteční teplotu v obou sklenicích.)
- Sůl (Zhruba jednu polévkovou lžici na 100 ml vody)
- Ledové kostky (Tip: obarvíš-li si vodu před vložením do mrazáku potravinářským barvivem, bude se ti lépe pozorovat, co se děje uvnitř, a usnadní ti to pochopení výsledku.)

### Postupuj takto:

Do skleniček nalij z nádoby vodu. Do jedné z nich přidej sůl a pořádně promíchej, dokud se veškerá sůl nerozpustí. Nezapomeň, která sklenička je která. Pak už jen stačí vložit kostky ledu a pozorovat, co se bude dít. Můžeš případně měřit čas, ale výsledek by měl být jasný i pouhým okem. Výsledky si zapiš do záznamníku.

U břehu Čistky se zdá být zatím vše v pořádku. Ledových ker je v jezeře opravdu spousta, a tak nám nehrozí, že bychom nemohli přecházet z jedné na druhou, a zůstali uvězněni uprostřed jezera. Uvidíme, jak nám bude cesta ubíhat...

Pro další zkoumání hustoty teplé a studené vody si můžeš vytvořit Podvodní sopku. Budeš k tomu potřebovat velkou sklenici, malou nádobku (dobře poslouží třeba víčko od zvýrazňovače), potravinářské barvivo, špejli, lepenku, studenou a vroucí vodu. Začni tak, že do velké sklenice naliješ studenou vodu. K malé nádobce připevni lepenkou špejli. Následně do ní nalij trochu barviva a smíchej s vroucí vodou. Naplněnou nádobku ponoř s pomocí špejle až ke dnu velké sklenice. Horká obarvená voda z nádoby začne stoupat k hladině – má menší hustotu než voda studená.

Naše obavy se však asi v půlce jezera naplnily. Ledové kry roztávají rychleji, než bychom chtěli, a tak se pod naší tíhou začínají postupně potápět. Nejdříve jsme se ponořili jen po kotníky, ale netrvalo dlouho, a už jsme byli v jezeře celí. Voda byla pěkně studená, ale nic, co bychom nevydrželi.

Čistá studená voda má oproti čisté teplé větší hustotu, takže voda vzniklá táním ledu v Čistce klesá ke dnu. Kry jsou obklopeny teplejší vodou a roztají rychleji.

Kdybychom si tenkrát vybrali cestu přes jezero Solku, pravděpodobně bychom stihli dojít až ke břehu. Slaná voda má totiž ještě větší hustotu než voda studená. Studená voda by se tak držela u hladiny a ledové kry by tály pomaleji.

Doplaveme na druhý břeh, a vyškrábeme se z posledních sil z vody. Vyždímáme oblečení, a vyvstává otázka, co dál. Zdá se, že ve víscce začíná být živo.

Jestli navrhuješ jít se **podívat do vísky** a navázat kontakt s místními, otoč na stranu [26](#).

Jestli navrhuješ **vyhnout se víscce** a pokračovat rovnou v cestě, otoč na stranu [16](#).

Myslíš, že se rozinky budou vznášet u hladiny, a my se proto vydáme přes skálu. Pro urychlení našeho rozhodnutí navrhuji toto: já půjdu napřed obhlédnout přístupové cesty, a když se mi bude nějaká zamlouvat, zkusím se po ní chvíli vydat. Ty zatím využiješ magických cestovních rozinek, abychom se ujistili, že i ony nám doporučují vydat se touto cestou. Za chvíli se tu sejdeme a předáme si výsledky našich pozorování!

### **Budeš potřebovat:**

- Průhlednou skleničku
- Perlivou vodu
- Rozinky

### **Postupuj takto:**

Skleničku naplň perlivou vodou. Přisyp pár rozinek a pozoruj, co se bude dít! Nezapomeň si výsledky poznamenat, případně i časově měřit.

### **Alternativa:**

Jestliže nemáš zrovna po ruce minerálku, můžeš ji zaměnit za 300 ml vody, 5 lžic octu a 2 lžice sody. V tomto postupu začni smícháním vody a sody. Následně přidej rozinky. Teprve jako poslední krok přidej pomalu ocet.

Představ si, že bychom učili úplného neplavce, aby se neutopil. Kromě šlapání vody využijeme navíc výborných pomocníků – nafukovacího plovacího kruhu či rukávků. Tyto pomůcky jsou napuštěny plynem (většinou vzduchem), který má výrazně menší hustotu než voda, a proto udrží člověka při hladině. (Ne)plavec s rukávky má tedy nižší průměrnou hustotu než voda stejně jako rozinky s bublinkami. Pokud bychom však rukávky propíchlí, člověka by to opět táhlo ke dnu.

Tak jsem zpátky! Koukám, že jsi zrovna uprostřed zkoumání. Vypadá to, jako by se naše magické cestovní rozinky roztančily! Rozinky začínají svou taneční kreaci u dna, protože mají vyšší hustotu než voda. Jelikož je voda perlivá, přichytí se množství bublinek oxidu uhličitého na rozinky a ty začnou stoupat ke hladině. Celková průměrná hustota rozinek s bublinkami, které je nadnáší, je nižší než hustota samotné vody. U hladiny se bublinky uvolní do vzduchu, rozinky tak opět klesají ke dnu a jev se znovu opakuje.

To může znamenat jediné. Měli bychom se vydat jeskyní! Já jsem všemi deseti pro rozinkám uvěřit. Šla jsem prozkoumat skálu z blízka, ale všechny cesty byly až příliš nebezpečné. Nevěřím, že by touto cestou někdo v poslední době procházel. Skála byla díky prosakujícímu pramenu navlhla, takže každý můj krok mohl být zároveň poslední. Držela jsem se skály i rukama, abych měla větší jistotu, ale skála se snadno drolila. V ruce mi po lehkém zaviklání zůstávaly velké odlamující se kusy. Tudy cesta opravdu nepovede.

Čeká nás cesta jeskyní, otoč na stranu [11](#).

Vybíráš zástup, který je tvořen největším počtem regálů. Vyzkoušej si to i doma:

---

**Budeš potřebovat:**

- Kostky domina (případně jiné bloky, kostky lega...)

**Postupuj takto:**

Sestav vedle sebe 2 stejné zástupy z kostek. Z jednoho zástupu pak každou druhou kostku vyjmi. Pohled shora bude vypadat jako na obrázku. Můžeš spustit závody.

---

Představ si, že hraješ se svými kamarády *na babu*. Pohybovat se můžete jen v ohraničeném poli. Nejdřív hraješ se všemi kamarády. Po nějaké době to polovinu z nich přestane bavit, a odejdou. Hra bude pokračovat dál ve stejném poli, ale hráčů bude o polovinu méně. V jakém případě se baba předávala rychleji?

Regály se blesku rychle valí směrem k Fyzilamovi, hurá! Regály, které stojí blízko u sebe, nemusí udělat velký pohyb pro to, aby do sebe narazily – jejich čela urazí celkově kratší dráhu. To znamená, že zástup s polovičním počtem regálů by byl pomalejší, protože každému jednotlivému regálu by trvalo déle, než se nakloní natolik, aby narazil do dalšího – čela celkově urazí delší dráhu.

Fyzilam nestíhá včas reagovat a končí uvězněn pod hromadou knih. Letmým pohledem prohlížíme některé tituly. Jsou mezi nimi názvy jako *Magické lektvary*, *Kouzelná zaklínadla*, ale třeba i *Čarovné cestování*. Poslední knížku znám! Ta se nám teď bude náramně hodit! Popadám ji spolu s tebou a běžíme zpátky do hlavního sálu. Tady teď budeme mít chvíli klid, než se Fyzilam probouje hromadou spisů.

Pokládám knížku *Čarovné cestování* na stůl a otevírám ji na první stránce.

---

Co se na ní píše zjistíš na straně [5](#).



Naše pouť pokračuje okolo vísky.

Po krátkém kamenitém úseku se cesta stáčí k lesu. Rázem přecházíme na terén tvořený převážně jehličím, což je vcelku příjemná změna. Jak tak kráčíme dál, míváme několikero druhů hub, mechů, dokonce i obsypané borůvčí. Borůvky nás velmi lákají, a tak se rychle necháváme zlákat na rychlou svačinu rovnou do pusy. Člověk však při takové příjemné aktivitě lehce ztratí pojem o čase, a tak trháme a trháme, až jsou naše ruce celé fialové. To je však náš nejmenší problém. Při našem horlivém sbírání scházíme z cesty a ocitáme se na opuštěném lesním paloučku. Kam teď?

V tom nám do nosu udeří silný závan kouře. Někdo bude pravděpodobně poblíž. A opravdu. Když vzhledneme k obloze, uvidíme opodál stoupat dým z nedaleké chaloupky, která doteď splývala mezi vysokými tmavými stromy. Pojdme se podívat blíž.

Navazovat kontakty s místními se nám moc nechtělo, ale drobná rada kudy se vydat, by se nám teď celkem hodila. Pojdme nejdřív obhlédnout situaci, ať si případně uděláme obrázek o tom, s kým bychom měli tu čest.

Vypadá to, že se uvnitř chaloupky svítí. Připlížíme se k oknu, a nahlédneme dovnitř. Zdá se, že místnost zeje prázdnotou. Po rychlém prozkoumání místnosti nás upoutává nečekaná záchrana visící nad krbem. Je to mapa! Naštěstí není úplně nejmenší, a navíc jsme v dobré pozici a vzdálenosti, že nám čtení v ní nedělá sebemenší problém. Najít naši polohu není nic těžkého. Stačí jít po šípkách vedoucích přes Čistku a Solku, okolo vesnice, následně lesní pěšinkou a kousek od ní se ční onen palouček. Když teď budeme pokračovat rovně, měli bychom se po chvíli opět napojit na pěšinku, která se nám před chvílí ztratila z dohledu. Ještě letmo prohlížíme zbytek mapy, a narážíme na další zajímavost. Zdá se, že možná existuje zkratka do Fyzilamova doupěte! Stačí, když na nejbližší odbočce zahneme správným směrem. Přece jen bude majitel chaloupky někde poblíž, protože nám výhled na tuto zkratku kazí sklenice s vodou odložená na krbové římse, asi 15 cm přímo před mapou. Šipka na mapě vedoucí nejbližší cestou k Fyzilamovi se nám jeví skrz sklenici mířící doleva.

Víc už tady asi nezjistíme. Měli bychom pokračovat v cestě, dokud nás tu nikdo nespátrá. Míváme chatku a po chvíli chůze se opět ocitáme na liduprázdné cestě linoucí se do dále. Netrvá dlouho a cesta se začne rozdělovat dvěma směry. Jedna by dle mapy měla vést zkratkou k Fyzilamovi. Vydáme se směrem doprava, nebo doleva?

---

Jestli navrhuješ vydat se cestou, která míří směrem **doleva**, tj. směrem, který jsme pozorovali skrz sklenici na římse, otoč na stranu [29](#).

Jestli navrhuješ vydat se cestou, která míří směrem **doprava**, tj. opačným směrem, než jsme pozorovali skrz sklenici na římse, otoč na stranu [2](#).

Padáme na kolena a začneme bušit do země.

Následky našeho jednání si demonstruj podle následujícího pokusu:

### Budeš potřebovat:

- Mísu
- 100 ml vody
- 125 g škrobu

### Postupuj takto:

Škrob smíchej s vodou a vytvoř tak neobvyklou směs.

Zkoumejme její vlastnosti. Zkusme do směsi udeřit, následně do ní vnořit ruku pomalu, nebo ji vzít do ruky a nechat stékat, pak třeba vytvořit kouli...

Další nenenewtonskou tekutinou, s kterou se můžeš doma setkat, je tekuté mýdlo nebo čistící prostředek na nádobí. Pro pozorování odlišného chování oproti vodě ti postačí láhev s úzkým (v řádu milimetrů) trubicovitým otvorem nebo třeba plastová injekční stříkačka. Stisknutím lahve otočené otvorem dolů nebo zmáčknutím stříkačky chceme docílit co nejrychlejšího vypuzení tekutiny. Zajímat nás bude její chování u otvoru. Proud nenenewtonské tekutiny (saponátu, mýdla) se bude u výstupu z trubice rozšiřovat. U newtonské kapaliny (vody) rozšiřování proudu neprobíhá, je stále stejně široký.

Nenenewtonské tekutiny se od newtonských liší v tom, že nesplňují Newtonův zákon viskozity. Když do takové tekutiny (v našem případě podlahy) udeříme, chová se jako pevná látka. V tuto chvíli ji vystavujeme zvýšenému tlaku. Pokud ji takovému tlaku nevystavíme, necháme ji třeba jen stékat mezi prsty, chová se jako běžná kapalina. U nenenewtonských kapalin (jako např. směs vody a škrobu) není viskozita konstantou přímé úměrnosti ve vztahu mezi rychlostí deformace a napětím. Druhů nenenewtonských tekutin existuje více a mají různé zajímavé a překvapivé vlastnosti.

Bušení nám v tuto chvíli rozhodně nepomohlo. Klíč je stále uvězněn v podlaze. Fyzilam se s plameny v očích přibližuje jistým krokem k nám. Strachy jsme dočista strnuli, až jsme se nedokázali ani pohnout. V tu chvíli udělaly nenenewtonské podlahy své a celé nás spolklly.

Jsme od hlavy až po paty pohlceni podlahou hlavního sálu. Svět jako by ztichl a my se ocitli v nějaké jiné dimenzi. Hmatáme kolem nás a snažíme se objevit klíč. Tobě se to skutečně podařilo! Jakmile se ho dotýkáš, jsme kouzlem přeneseni zpět na povrch zemský. Snažíme se zvyknout si opět na světlo, což se nám po pár mrknutích povedlo. Rychle poznáváme, že jsme se ocitli v knihovně! Všude kolem nás jsou postavené zástupy regálů plné knih.

*Tak vy si nedáte pokoj, otrapové!* Ozve se řev Fyzilama, kterého zatím nevidíme.

*Vraťte mi ten klíč a třeba vás neproměním v ropuchy!* Regálů je tu skutečně hodně. Všimáme si však, že jejich postavení má určitý systém!

Otoč na stranu [3!](#)

Portál sestavím já. Pozorně mě poslouchej, ať se to ode mě naučíš!

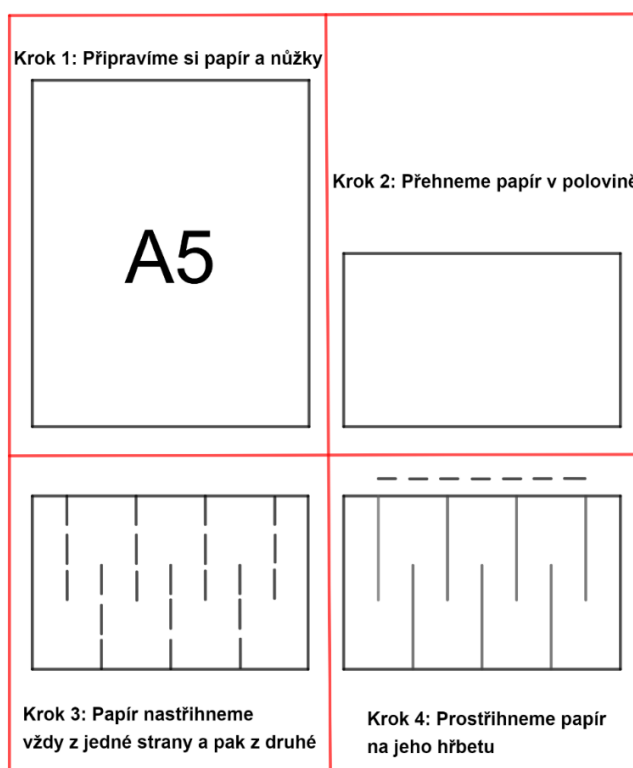
---

### Budeš potřebovat:

- Papír A5
- Nůžky

### Postupuj takto:

Přelož papír v polovině. Nůžkami papír nastříhni vždy z jedné strany a pak z druhé podle přiloženého obrázku, kde jsou stříhané části reprezentovány přerušovanými čarami. Čím více stříhů na každé straně provedeš, tím větší výsledný otvor bude. Nakonec prostříhni papír na jeho hřbetu. Dávej pozor, aby nedošlo k porušení krajů. Papír opět rozlož. Nyní můžeš „papírem“ projít – je v něm otvor dostatečně veliký na to, aby jím člověk prošel.



Ještě se stihneme otočit a podívat ke dveřím, kterými se právě Fyzilam probil.

*To nemůžete! Ten klíč je můj a jenom můůůj!*

Využíváme stránkojízdenky a vydáváme se na cestu. Poslední Fyzilamova slova se k nám už linou jako z velké dálky. Skoro jako ze snu.

Ocitáme se v magickém království, hned vedle pilíře pro klíč. Slavnostně pokládáme klíč na své místo a s čarovným zábleskem cítíme velkou úlevu. Dokázali jsme to. Nyní už je svět zase v pořádku a Fyzilamovi to 4 základní interakce pěkně vytmaví. Teď bude mít na čtení a studování času víc než dost.

---

Otoč na stranu [27](#).

Za chvíli nás zkratka provádí další etapou.

Svižným krokem se blížíme ke skále, která se před námi majestátně tyčila. Matně si pamatuji, že skála na mapě skutečně naznačená byla. To potvrzuje, že jsme se neztratili a blížíme se závratným tempem. Až se do Fyzilamova doupěte dostaneme, nastane teprve pořádná divočina. Myšlenky na něj ještě chvíli můžeme odložit stranou, ale je potřeba nezapomínat na to, že nás brzy čeká souboj s tímto zlým, fyzikálními zákony opovrhujícím čarodějem, a je třeba být patřičně připraven.

...

Docházíme ke skále. Osvěžení z pramenu, který z ní vyvěrá, nám přijde vhod. Páni, to chutná jako kyselka! Ochutnej taky! Nemusíš se bát, že je voda kyselá. Kyselka se jí říká proto, že přirozeně obsahuje oxid uhličitý, a je tedy perlivá!

Vypadá to, že zvolit vhodnou trasu dál, nebude úplně snadné. Naskytl se nám pohled na 3 různé cesty. Jejich směr je dokonce naznačen na ceduli stojící kousek od pramenu. První cesta míří směrem vzhůru. To znamená, že bychom se museli vydat po velmi strmé skále. Není to nic nemožného, ale nebezpečí tu jistě hrozí.

Druhá cesta vede jeskyní skrz skálu. Světlo dosahující na okraj vstupu ukazuje, že je cesta pokrytá velkými bloky kamenů. Dá se očekávat, že cesta nebude po rovince, ale bude potřeba překonat určité úseky mírně do kopce a jiné zase z kopce. Třetí cesta pokračuje dál podél skály a vede dolů do hluboké doliny. Skála by tudy snad šla obejít okolo spodem, ale to teď nemůžeme s určitostí říct. Co teď? Všemi směry nám hrozí určité nebezpečí, ale někudy se vydat musíme...

Už to mám! Použijme magické cestovní rozinky! Ve správný čas dokážou navést na správnou cestu a já myslím, že ten okamžik právě nastal. Vyndám je z batůžku spolu s lahví na vodu. Nabereme si ještě trochu perlivé vody z pramenu a rozinky do nich hodíme! To, jak se budou v následujících pár minutách chovat, nám naznačí, jakým směrem se vydat! Uvidíš, že za chvíli už budeme s určitostí vědět, kudy pokračovat.

Jak myslíš, že naše pozorování dopadne?

---

Jestli myslíš, že rozinky klesnou ke dnu a my máme jít **dolinou**, otoč na stranu [12](#).

Jestli myslíš, že rozinky budou nerozhodné a my máme jít **jeskyní**, otoč na stranu [4](#).

Jestli myslíš, že rozinky zůstanou na hladině a my se máme vydat přes **skálu**, otoč na stranu [14](#).

Vydáváš se po stopách svého naslouchání.

Jestli se tvým smyslu podařilo tě ošálit, zjisti v následujícím experimentu:

### Budeš potřebovat:

- Kostkový cukr (postačí i sypký cukr)
- Hmoždír s tloučkem, případně mělký talíř a pevnou průhlednou misku s plochým dnem

### Postupuj takto:

Pro ideální podmínky pozorování výsledků experimentu si v místnosti zatemni, jak nejvíc můžeš. Dej očím pár chvil, aby si na tmou zvykly.

Cukr vhod' do hmoždíře a tloučkem ho začni drtit.

Pokud využiješ talíře a misky, postupuj následovně. Kostky cukru polož na talíř a na ně polož misku otočenou dnem dolů. Chytni misku za okraje a začni na ni tlačit, tím docílíš drcení cukru. Užij si podívanou.

Podobného efektu lze dosáhnout i při křesání křemeny. Od místa střetu si můžeme všimnout vylétajících jisker. Jedná se o projev triboluminiscence. Jestli nějaké křemeny máš po ruce, můžeš zkusit i tento způsob. (Pozn.: Pro zažehnutí ohně bychom museli o křemen křísnout ideálně pyritem neboli disulfidem železnatým. To je minerál, jehož název pochází z řečtiny a znamená oheň, a kterému se kvůli často zlatavé barvě přezdívá kočičí zlato.)

Zdá se, že tě tvůj sluch ošálil. Ať už to byly jakékoliv zvuky, najít mě ti nepomohly. Když se však budeš ještě jednou pořádně soustředit a rozhlížet kolem sebe, spatříš, že se na jednom místě objevují světelné záblesky. Drcením cukru jsem vlastně rozbíjela asymetrické krystaly, které jej tvoří. Ty se rozdělí na krystalky s rozdílnými elektrickými náboji. Aby se krystaly opět staly neutrálními, probije mezi nimi menší výboj, který je ve tmě viditelný.

I přes prvotní zaváhání se nám podařilo docílit opětovného shledání, a ruku v ruce pokračujeme v hledání výlezu z jeskyně. Jakmile zahýbáme za další roh, vyskytuje se nám pohled na světlo na konci tunelu. Vylézáme z jeskyně a užíváme si čerstvého vzduchu a jasného dne.

Před námi se tyčí Fyzilamova tvrz. Zbývá už jen kousek a my se mu konečně postavíme tváří v tvář. Měli bychom si předem rozmyslet, jaký postup útoku zvolíme. Možná ani nebude potřeba útočit... Mohli bychom se pokusit do tvrze nenápadně vkrást, aniž by si nás všiml. Nevíme však, jestli o nás Fyzilam už dávno neví. Rozhodování je těžké, ale teď už není cesty zpět. Jak budeme postupovat?

Jestliže se chceš do Fyzilamovy tvrze **nenápadně** vkrást a pokusit se získat klíč ke stabilitě vesmíru, aniž by si nás všiml, otoč na stranu [22](#).

Jestliže chceš do Fyzilamovy tvrze nakráčet hlavním vchodem a postavit se mu **tváří v tvář**, otoč na stranu [7](#).

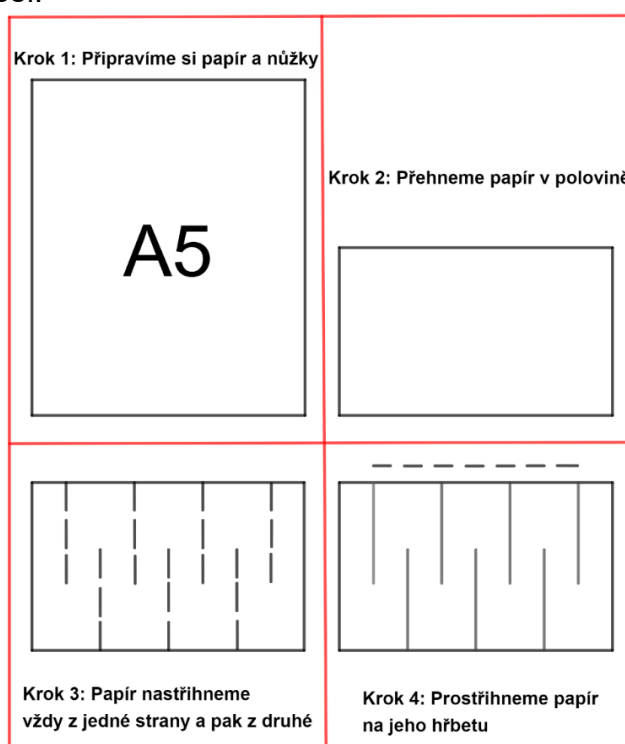
Zvládáš sestavit cestovní portál beze mě. Ověř si, že bychom postupovali obdobně:

### Budeš potřebovat:

- Papír A5
- Nůžky

### Postupuj takto:

Přelož papír v polovině. Nůžkami papír nastříhni vždy z jedné strany a pak z druhé podle přiloženého obrázku, kde jsou stříhané části reprezentovány přerušovanými čarami. Čím více stříhů na každé straně provedeš, tím větší výsledný otvor bude. Nakonec prostříhni papír na jeho hřbetu. Dávej pozor, aby nedošlo k porušení krajů. Papír opět rozlož. Nyní můžeš „papírem“ projít – je v něm otvor dostatečně veliký na to, aby jím člověk prošel.



To je báječné! Držím dveře, seč mi síly stačí, ale když vidím, že už můžeme vyrazit, přidávám se k tobě.

*To nemůžete! Ten klíč je můj a jenom můžu!*

Využíváme stránkojízdenky a vydáváme se na cestu. Poslední Fyzilamova slova se k nám už linou jako z velké dálky. Skoro jako ze snu.

Ocitáme se v magickém království, hned vedle pilíře pro klíč. Slavnostně pokládáme klíč na své místo a s magickým zábleskem cítíme velkou úlevu. Dokázali jsme to. Nyní už je svět zase v pořádku a Fyzilamovi to 4 základní interakce pěkně vytmaví. Teď bude mít na čtení a studování času víc než dost.

Otoč na stranu [27](#).

Pokusíme se nenápadně vplížit dovnitř.

Opatrně obcházíme stavbu a hledáme nějaký postranní vchod. A skutečně tu jeden takový je! Nacházíme ho z druhé strany tvrze. Vede k němu nenápadné schodiště zarostlé trnitým křovím. Probijeme se jím nebojácně jako princ, který šel vysvobodit Šípkovou Růženku, a během chvíle stojíme před vchodem do Fyzilamovy tvrze.

Vstupujeme dovnitř a nestačíme se divit. Čeká tu na nás nastražená past!

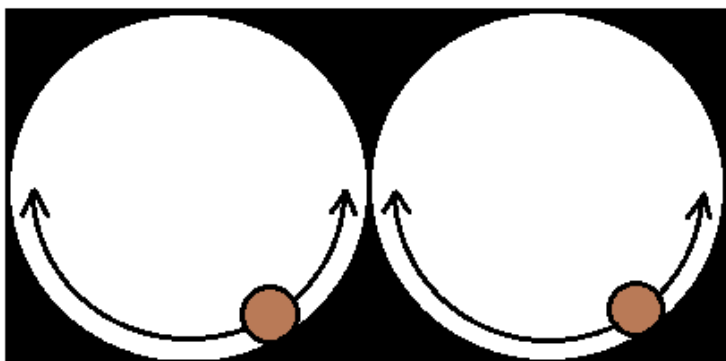
Tento vchod musel Fyzilam zamýšlet pouze pro nezvané hosty. Pokoušíme se otevřít dveře a vyjít zpátky ven, ale nejspíš byly opatřeny kouzlem, a tak jsou nyní zamčené.

Chodba se rozšiřuje. Naskytují se nám 2 možnosti, kudy se vydat. Chodba se totiž rozděluje na 2, které vypadají téměř jako 2 kruhové tunely. Tím to ale nekončí.

V těchto chodbách se po našem přiblížení začaly valit velké sudy, které nás mohly rozmáčknout. Naštěstí jsme se včas zastavili. Chvíli stojíme a snažíme se vymyslet, kterou chodbou se vydat. V obou chodbách se nástrahy chovají podobně.

Jejich pohyb se velmi podobá zkušenému skateboardistovi na U-rampě. Sudy se valí doleva, pak zase doprava, pak zase doleva, a tak pořád dokola a dokola.

To snad ne! Zed' za námi se dala do pohybu! Musíme se rozmyslet rychle, jinak nás do jednoho z tunelů vtlačí sama, nebo hůř, rozmáčkne o zed'!



Přece jen si ale všímáme informace, která by nám mohla při rozhodování velmi pomoci! Sudy se od sebe liší. Nebo spíš jejich obsah! Mají to na sobě napsáno, což se nám po chvíli soustředěném čtení, podaří rozluštit. V levé chodbě se valí sudy, které obsahují limonádu a jsou protřepané. V pravé chodbě se naopak valí sudy, které jsou neprotřepané. Sudy se nebudou valit věčně, je tedy otázkou, které se zastaví dřív, a my budeme moct bezpečně pokračovat dál. Kterou chodbu zvolit, abychom se rychle a bezbolestně dostali dál?

---

Jestli myslíš, že se sudy zastaví rychleji v levé chodbě, kde jsou sudy naplněny limonádou a **protřepány**, otoč na stranu [23](#).

Jestli myslíš, že se sudy zastaví rychleji v pravé chodbě, kde jsou sudy naplněny limonádou a **neprotřepány**, otoč na stranu [30](#).

Vydáváme se do levé chodby, kde jsou sudy naplněny limonádou a protřepány. Ověř si v následujícím experimentu, jestli jsme zvolili správnou chodbu:

### Budeš potřebovat:

- Plechovku s limonádou
- Ohebnou překližku (či jinou pomůcku, která nahradí prohnutou rampu, např. kbelík na vodu)

### Postupuj takto:

Překližku prohni tak, aby vytvořila rampu ve tvaru U. Vezmi plechovku s limonádou, umísti ji naležato na vrchol rampy a nechej valit, dokud se nezastaví.

Počítej jednotlivé změny směru plechovky.

Následně plechovkou zatřes a pokus zopakuj. Výsledné počty porovnej.

Do finále superhrdinů se probojoval Spiderman a Superman. V pravidlech je dáno, že superhrdinové nesmí používat schopnosti, jedná se čistě o běh. Jestliže jsou stejně rychlí, výsledek by mohl ovlivnit už jenom super-oblek. Kdo má větší šanci na úspěch? (Odpověď: Spidermanův oblek je elastický a upnutý na těle. Toho například využívají při závodech cyklisté, aby měli co nejmenší odpor vzduchu. Součástí Supermanova obleku je jeho kápě, která za ním povlává jako třeba rozepnutý kabát, a tím ho brzdí. Poběží-li Superman ve svém obleku, vyhraje Spiderman. Zkusit to můžeš i na sobě. Proběhni se jednou se zapnutou bundou, po druhé ji rozepni. S povlávajícím kusem oblečení se ti poběží hůř.)

Při valení neprotřepaného sudu kapalina „klouže“ po vnitřním povrchu sudu a nic jí v tom nebrání. Kapalina se v sudu příliš nerozhýbe a hladina zůstává vodorovná, i když se sud otáčí.

Protřepáním sudu se vytvoří vrstva bublin z oxidu uhličitého, která bude hladké klouzáni tekutiny po povrchu sudu komplikovat. Tekutina nyní klade větší odpor otáčejícímu se sudu, neboť bublinky přichycené díky povrchovému napětí k povrchu sudu zabraňují hladkému klouzáni. Tato odporová síla dopomáhá ke zpomalení valení, dokud se sud po pár změnách směru úplně nezastaví. Část pohybové energie se navíc ztrácí tím, jak bublinky při změnách směru přepadávají na tekutinu. Proběhneme opatrně okolo zpomalujících sudů a vstupujeme do další místnosti.

*Hledáte snad tohle? Fyzilam se kouzlem objevuje před námi s klíčem v ruce!*

*Ten klíč patří mně a jenom mně! Nikdy ho živí nedostanete! Vycení na nás zuby, a klíč spustí s teatrálním smíchem na zem. Po pár odrazech se klíč zcela zastaví, a podlaha ho začne před našima očima pohlcovat.*

*Zdá se, že mé oblíbené nenevtonské podlahy se mají čile k světu. Ted' už klíč nikdy nespátříte!*

Fyzilam se svíjí v záchvatu smíchu a my tak máme kraťoučkou chvíli na vymyšlení toho, jak klíč získat! Ted', nebo nikdy!

Jestli se **po lehoučku** připlížíme k Fyzilamovi, zavřeme oči a zadržíme dech, otoč na stranu [25](#).

Jestli si klekneme na podlahu, a začneme do ní **bušit** pěstmi, otoč na stranu [17](#).



Rozhodli jsme se pokračovat.

V dále před námi se objevuje skála. Pokračujeme svižným krokem a snažíme se příliš nerozptylovat vjemy okolo. Nebylo by to poprvé, kdy by se les rozhodl svést odvážlivce jako my z cesty. Fyzilam může kdykoliv naši výpravu ohrozit, ale zdá se, že se jeho dalším pokusům svést nás z cesty úspěšně vyhýbáme.

...

Docházíme ke skále. Osvěžení z pramenu, který z ní vyvěrá, nám přijde vhod. Páni, to chutná jako kyselka! Ochutnej taky! Nemusíš se bát, že je voda kyselá. Kyselka se jí říká proto, že přirozeně obsahuje oxid uhličitý, a je tedy perlivá!

Vypadá to, že zvolit vhodnou trasu dál, nebude úplně snadné. Naskytl se nám pohled na 3 různé cesty. Jejich směr je dokonce naznačen na ceduli stojící kousek od pramenu. První cesta míří směrem vzhůru. To znamená, že bychom se museli vydat po velmi strmé skále. Není to nic nemožného, ale nebezpečí tu jistě hrozí. Druhá cesta vede jeskyní skrz skálu. Světlo dosahující na okraj vstupu ukazuje, že je cesta pokrytá velkými bloky kamenů. Dá se očekávat, že cesta nebude po rovince, ale bude potřeba překonat určité úseky mírně do kopce a jiné zase z kopce. Třetí cesta pokračuje dál podél skály a vede dolů do hluboké doliny. Skála by snad mohla jít obejít okolo spodem, ale to teď nemůžeme s určitostí říct. Co teď? Všemi směry nám hrozí určité nebezpečí, ale někudy se vydat musíme...

Už to mám! Použijme magické cestovní rozinky! Ve správný čas dokážou navést na správnou cestu a já myslím, že ten okamžik právě nastal. Vyndám je z batůžku spolu s lahví na vodu. Naberme si ještě trochu perlivé vody z pramenu a rozinky do nich hodme! To, jak se budou v následujících pár minutách chovat, nám naznačí, jakým směrem se vydat! Uvidíš, že za chvíli už budeme s určitostí vědět, kudy pokračovat.

Jak myslíš, že naše pozorování dopadne?

---

Jestli myslíš, že rozinky klesnou ke dnu a my máme jít **dolinou**, otoč na stranu [12](#).

Jestli myslíš, že rozinky budou nerozhodné a my máme jít **jeskyní**, otoč na stranu [4](#).

Jestli myslíš, že rozinky zůstanou na hladině a my se máme vydat přes **skálu**, otoč na stranu [14](#).

Vykračujeme směrem k Fyzilamovi, těsně před ním zavřeme oči a zadržíme dech. Následky našeho jednání si demonstřuj podle následujícího pokusu:

### Budeš potřebovat:

- Mísu
- 100 ml vody
- 125 g škrobu

### Postupuj takto:

Škrob smíchej s vodou a vytvoř tak neobvyklou směs.

Zkoumejme její vlastnosti. Zkusme do směsi udeřit, následně do ní vnořit ruku pomalu, nebo ji vzít do ruky a nechat stékat, pak třeba vytvořit kouli...

Další neneutonskou tekutinou, s kterou se můžeš doma setkat, je tekuté mýdlo nebo čistící prostředek na nádobí. Pro pozorování odlišného chování oproti vodě ti postačí láhev s úzkým (v řádu milimetrů) trubicovitým otvorem nebo třeba plastová injekční stříkačka. Stisknutím lahve otočené otvorem dolů nebo zmáčknutím stříkačky chceme docílit co nejrychlejšího vypuzení tekutiny. Zajímat nás bude její chování u otvoru. Proud neneutonské tekutiny (saponátu, mýdla) se bude u výstupu z trubice rozšiřovat. U newtonské kapaliny (vody) rozšiřování proudu neprobíhá, je stále stejně široký.

Náš plán vychází Neneutonské tekutiny se od newtonských liší v tom, že nesplňují Newtonův zákon viskozity. Když do takové tekutiny (v našem případě podlahy) udeříme, chová se jako pevná látka. V tuto chvíli ji vystavujeme zvýšenému tlaku. Pokud ji takovému tlaku nevystavíme, necháme ji třeba jen stékat mezi prsty, chová se jako běžná kapalina. U neneutonských kapalin (jako např. směs vody a škrobu) není viskozita konstantou přímé úměrnosti ve vztahu mezi rychlostí deformace a napětím. Druhů neneutonských tekutin existuje více a mají různé zajímavé a překvapivé vlastnosti.

Jsme od hlavy až po paty pohlceni podlahou hlavního sálu. Svět jako by ztichl a my se ocitli v nějaké jiné dimenzi. Hmatáme kolem nás a snažíme se objevit klíč. Tobě se to skutečně podařilo! Jakmile se dotýkáš klíče, jsme kouzlem přeneseni zpět na povrch zemský. Tentokrát se však neocitáme zpátky v hlavním sále. Snažíme se zvyknout si opět na světlo, což se nám po pár mrknutích povedlo. Rychle poznáváme, že jsme se ocitli v knihovně! Všude kolem nás jsou postavené zástupy regálů plné knih.

*Tak vy si nedáte pokoj, otrapové!* Ozve se řev Fyzilama, který je nám opět v patách. Kde však je?

*Vraťte mi ten klíč, a třeba vás neproměním v ropuchy!* Regálů je tu skutečně hodně. Skoro si připadáme jako v bludišti. Všimáme si však, že jejich postavení má určitý systém!

Otoč na stranu [3](#).

Naše pouť pokračuje přes vísku.

Sice není úplně chladno, ale nějaká kratší pauza, při které se zahřejeme a dosušíme, nám určitě přijde vhod. Čím víc se blížíme k vesničce, tím víc neunikáme pozornosti místních. Vypadají přátelsky, ale zdá se že, mají napilno s opravami mostů přes jezera, a tak veškerá interakce začíná a končí letným pozdravem. Z jedné z chatrčí, okolo kterých procházíme, na nás mává starší paní. Po bližším přezkoumání stavení je jasné, že se jedná o obydlí místní kořenářky. Z komínu se line kouř, a nám se dostává pozvání na šálek horkého čaje.

Během chvilky sedíme u rozpáleného krbu, a rázem je nám lépe. Vnitřek chatrče je útulný a pyšní se všelijakým kořenářským náčiním. Zdi jsou obsypané poličkami, na kterých se vrství různé sklenice. Některé jsou prázdné, v jiných se louhují bylinky, v některých se bylinky suší... Každý by si tu přišel na své.

*Hádám, že máte namířeno za Fyzilamem. Mnoho pocestných nám tudy poslední dobou neprochází, a ta ledová spoušť s vámi bude jistě mít co dočinění. Zdá se, že toho máte ještě hodně před sebou. Zabalím vám s sebou něco k snědku. Dostanete ode mě i pár magických rozinek. Ty nejezte! Ve správný čas vám ukážou kudy z nesnází.*

Zatímco nám milá kořenářka připravuje balíček na cestu, všímáme si, že na zdi za pyramidou zavařovacích skleniček visí nástěnná mapa. Musí to být mapa blízkého okolí, protože je na ní vidět Čistka a Solka. Zdá se, že možná existuje zkratka do Fyzilamova doupěte!

*Koukám, že jste si všimli mapy. Žádné strachy, měla by být aktuální. Snad z ní něco přes sklenice vyčtete. Písmo a turistické značky by se přes ně mohly jevit zkreslené, ale jsem jen babka kořenářka, nedokážu vám s tím poradit. Zrak už není, jaký býval, a v mapách se odjakživa neorientuji. Sklenice jsou naplněné obyčejnou vodou, zrovna jsem je před vaším příchodem myla a připravovala k zavařování.*

Šipka na mapě vedoucí nejbližší cestou k Fyzilamovi se nám jeví skrz sklenici vzdálenou asi 15 cm od mapy mířící doprava.

Zabalím dary do batůžku, poděkujeme kořenářce, a vydáme se plni síly zpět na cestu. Míjíme poslední domek vísky, a rázem se ocitáme na liduprázdné polní cestě linoucí se do dále. Netrvá dlouho a cesta se začne rozdělovat dvěma směry. Jedna by dle mapy měla vést zkratkou k Fyzilamovi. Vydáme se směrem doprava, nebo doleva?

Jestli navrhuješ vydat se cestou, která míří směrem **doleva**, tj. opačným směrem, než jsme pozorovali u kořenářky, otoč na stranu [2](#).

Jestli navrhuješ vydat se cestou, která míří směrem **doprava**, tj. směrem, který jsme pozorovali u kořenářky, otoč na stranu [29](#).

Tady naše cesta končí. Nebo alespoň ta moje. Tobě už jenom zbývá dostat se zpátky domů. Ale neboj se, nemusíš celou trasu absolvovat znovu. Vytrhla jsem pro tebe ještě jednu stránku z Čarovného cestování. Napiš na ni, kam chceš nyní, a máš po starostech.

Je na čase se rozloučit. Že to ale byla jízda, vid'?' Snad se ještě někdy naše cesty střetnou. Přejme si, ať je to tentokrát za příjemnějších okolností, než byla záchrana světa.

Doufám, že je tvůj Cestovatelský zápisník nabytý novými zážitky a vědomostmi, které jsme spolu cestou nasbírali. Cestu si můžeš kdykoliv zrekapitulovat, ať na nic důležitého nezapomeneš.

V magickém království ti budou všichni navěky zavázáni. Měj se hezky!

---

Můžeš knížku nadobro **zavřít**.

Vydáváš se po stopách svého pozorování.  
Jestli tě tvé smysly ošálily nebo ne, zjisti v následujícím experimentu:

### Budeš potřebovat:

- Kostkový cukr (postačí i sypký cukr)
- Hmoždíř s tloučkem, případně mělký talíř a pevnou průhlednou misku s plochým dnem

### Postupuj takto:

Pro ideální podmínky pozorování výsledků experimentu si v místnosti zatemni, jak nejvíc můžeš. Dej očím pár chvil, aby si na tmou zvykly.

Cukr vhod' do hmoždíře a tloučkem ho začni drtit. Užij si podívanou.

Pokud využiješ talíře a misky, postupuj následovně. Kostky cukru polož na talíř a na ně polož misku otočenou dnem dolů. Chytni misku za okraje a začni na ni tlačit, tím docílíš drcení cukru.

Podobného efektu lze dosáhnout i při křesání křemeny. Od místa střetu si můžeme všimnout vylétajících jisker. Jedná se o projev triboluminiscence. Jestli nějaké křemeny máš po ruce, můžeš zkusit i tento způsob. (Pozn.: Pro zažehnutí ohně bychom museli o křemen křísnout ideálně pyritem neboli disulfidem železnatým. To je minerál, jehož název pochází z řečtiny a znamená oheň, a kterému se kvůli často zlatavé barvě přezdívá kočičí zlato.)

Zdá se, že se důvěra v tvé smysly vyplatila! Drcením cukru jsem vlastně rozbíjela asymetrické krystaly, které jej tvoří. Ty se rozdělí na krystalky s rozdílnými elektrickými náboji. Aby se krystaly opět staly neutrálními, probije mezi nimi menší výboj, který je ve tmě viditelný.

Podářilo se nám docílit opětovného shledání, a ruku v ruce pokračujeme v hledání výlezu z jeskyně. Jakmile zahýbáme za další roh, vyskytuje se nám pohled na světlo na konci tunelu. Vylézáme z jeskyně a užíváme si čerstvého vzduchu a jasného dne.

Po zpětné adaptaci očí na denní světlo si všímáme, že už jsme téměř na místě. Před námi se tyčí Fyzilamova tvrť. Zbývá už jen kousek a my se mu konečně postavíme tváří v tvář, a pokusíme se mu klíč od stability vesmíru zabavit, aby ho nevyužil k jeho zničení. Měli bychom si předem rozmyslet, jaký postup útoku zvolíme. Možná ani nebude potřeba útočit... Mohli bychom se pokusit do tvrťe nenápadně vkrást, aniž by si nás všiml. Nevíme však, jestli o nás Fyzilam už dávno neví. Rozhodování je těžké, ale teď už není cesty zpět. Jak budeme postupovat?

Jestliže se chceš do Fyzilamovy tvrťe **nenápadně** vkrást a pokusit se získat klíč ke stabilitě vesmíru, aniž by si nás všiml, otoč na stranu [22](#).

Jestliže chceš do Fyzilamovy tvrťe nakráčat hlavním vchodem a postavit se mu **tváří v tvář**, otoč na stranu [7](#).

Vydáváme se směrem, který jsme pozorovali na mapě skrz sklenici. Cesta nám rychle ubíhá, čas máme zatím stále dobrý. Fyzilam nás nejspíš musel ztratit z dohledu, protože nám už dlouho nevyvedl nějakou neplechu, která by nám zkomplikovala cestu. Hlavně to nezakřiknout. Šlapeme dál a hledáme nějaký náznak, že jsme opravdu zvolili trasu, která je kratší než původní plán. Pojďme odpověď odhalit v následujícím pokusu!

### Budeš potřebovat:

- Zavařovací sklenici (postačí i libovolná hladká sklenička válcového tvaru)
- Vodu
- Papír
- Psací potřeby

### Postupuj takto:

Na papír si nakresli vodorovné šipky. Dále si můžeš dle libosti přikreslit jiné obrázky či písmena. Papír upevni do svislé polohy (např. opři o zeď, přichytni do kancelářských desek, připni lepenkou...). Postav sklenici před papír tak, aby se ti skrz sklenici dobře pozorovalo tvé malby. Začni se sklenicí ve vzdálenosti 5 cm od papíru. Přilij do sklenice vodu, následně ji od papíru vzdaluj. Zapiš svá pozorování.

Pojďme se spolu v rychlosti ještě vrhnout na pozorování vlastností spojné čočky pomocí lupy. Vezmi si k ruce lupu a svůj obrázek. Polož lupu na obrázek a popiš, co vidíš. Následně lupu uchop a od obrázku se začni vzdalovat. Změnily se vlastnosti pozorovaného obrazu? Co když se podíváš lupou z okna na vzdálené budovy?

Sklenice s vodou fungovala v našem případě jako válcová čočka. Obraz přes takovou čočku vidíme zvětšený, po stranách případně lehce deformovaný, a co je pro nás nejdůležitější, vidíme ho stranově převrácený. (Pozor však na to, aby obrázek nebyl moc veliký nebo sklenice příliš daleko od obrázku.)

To znamená, že šipka mířící směrem do Fyzilamova doupěte se nám skrz sklenici jevila opačně.

Tím, že jsme se rozhodli následovat směr šipky, který jsme pozorovali ve sklenici, jsme se bohužel vydali delší trasou. Odhalili jsme to však poměrně včas. Řekla bych, že ať se z tohoto místa vydáme jakoukoliv cestou, vyjde to časově zhruba stejně. Záleží na nás, kudy se nám bude chtít pokračovat.

Jestliže se chceš na tomto místě otočit, **vrátit se** na křižovatku, a jít zkratkou, kterou jsme na první pohled neodhalili, otoč na stranu [19](#).

Jestliže chceš touto původně delší cestou **pokračovat** a neohlížet se na zpět, otoč na stranu [24](#).

Vydáváme se do pravé chodby, kde jsou sudy naplněny limonádou a neprotřepány. Ověř si v následujícím experimentu, jestli jsme zvolili správnou chodbu:

### Budeš potřebovat:

- Plechovku s limonádou
- Ohebnou překližku (či jinou pomůcku, která nahradí prohnutou rampu, např. kbelík na vodu)

### Postupuj takto:

Překližku prohni tak, aby vytvořila rampu ve tvaru U. Vezmi plechovku s limonádou, umísti ji naležato na vrchol rampy a nechej valit, dokud se nezastaví.

Počítej jednotlivé změny směru plechovky.

Následně plechovkou zatřes a pokus zopakuj. Výsledné počty porovnej.

Do finále superhrdinů se probojoval Spiderman a Superman. V pravidlech je dáno, že superhrdinové nesmí používat schopnosti, jedná se čistě o běh. Jestliže jsou stejně rychlí, výsledek by mohl ovlivnit už jenom super-oblek. Kdo má větší šanci na úspěch? (Odpověď: Spidermanův oblek je elastický a upnutý na těle. Toho například využívají při závodech cyklisté, aby měli co nejmenší odpor vzduchu. Součástí Supermanova obleku je jeho kápě, která za ním pohlává jako třeba rozepnutý kabát, a tím ho brzdí. Poběží-li Superman ve svém obleku, vyhraje Spiderman. Zkusit to můžeš i na sobě. Proběhni se jednou se zapnutou bundou, po druhé ji rozepni. S pohlávajícím kusem oblečení se ti poběží hůř.)

Zvolili jsme tentokrát špatně! Při valení neprotřepaného sudu kapalina „klouže“ po vnitřním povrchu sudu a nic jí v tom nebrání. Kapalina se v sudu příliš nerozhýbe a hladina zůstává vodorovná, i když se sud otáčí.

Protřepáním sudu se vytvoří vrstva bublin z oxidu uhličitého, která bude hladké klouzání tekutiny po povrchu sudu komplikovat. Tekutina nyní klade větší odpor otáčejícímu se sudu, neboť bublinky přichycené díky povrchovému napětí k povrchu sudu zabraňují hladkému klouzání. Tato odporová síla dopomáhá ke zpomalení valení, dokud se sud po pár změnách směru úplně nezastaví. Část pohybové energie se navíc ztrácí tím, jak bublinky při změnách směru přepadávají na tekutinu.

To nevádi! Zažili jsme spolu už horší věci. Proběhnout dokážeme i touto chodbou! Rychlým sprintem, dávkou vypočítavosti a mrštnosti se nám daří projít dál.

*Hledáte snad tohle?* Fyzilam se kouzlem objevuje před námi s klíčem v ruce a s teatrálním smíchem ho pustí na zem. Po pár odrazech se klíč zcela zastaví a podlaha ho začne před našima očima pohlcovat.

*Zdá se, že mé oblíbené newtonské podlahy se mají čile k světu. Teď už klíč nikdy nespátříte!* Fyzilam se svíjí v záchvatu smíchu a my tak máme kratoučkou chvíli na vymyšlení toho, jak klíč získat! Teď, nebo nikdy!

Jestli se **po lehoučku** připlížíme k Fyzilamovi, zavřeme oči a zadržíme dech, otoč na stranu [25](#).

Jestli si klekneme na podlahu a začneme do ní **bušit** pěstmi, otoč na stranu [17](#).

