

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Chemie se zaměřením na vzdělávání



Terezie Králíková

Interaktivní simulace PhET: Plyny úvod

PhET Interactive Simulation: Gases Intro

Typ závěrečné práce:

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Eva Stratilová Urválková, Ph.D.

Praha, 2025

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Interaktivní simulace ve výuce PhET vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze 17. 5. 2025

.....

podpis

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucí mé bakalářské práce RNDr. Evě Stratilové Urválkové, Ph.D. za cenné rady, nápady a čas, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá projektem PhET, především interaktivními simulacemi a doplňujícími materiály zaměřenými na simulaci o chování plynů, které poskytuje webová stránka <https://phet.colorado.edu/>, a zároveň studiem zdrojů, které zkoumaly efektivitu výuky se simulacemi u žáků a studentů základních, středních a vysokých škol. Tyto zdroje potvrzují pozitivní vliv interaktivních simulací na učení žáků a studentů jak pro PhET simulace, tak i pro simulace z jiných zdrojů. Zároveň ale zdůrazňují potřebu doplňovat výuku se simulacemi o doprovodné materiály například formou pracovních listů, aby výuka byla co nejkvalitnější.

Pracovní listy k PhET simulacím přidávají registrovaní uživatelé v různých jazycích, v češtině však dostupné nejsou. Proto je cílem této práce přeložit pracovní listy k simulaci *Plyny úvod*, která vizualizuje pro žáky složité téma pohybující se na hranici mezi chemií a fyzikou. Dalším cílem je vybrané pracovní listy popsat a zhodnotit na základě kritérií vyplývajících z rešerše studií a PhET kritérií pro tvorbu pracovních listů, aby si učitelé mohli snáze vybrat vyhovující pracovní list. Jelikož kromě PhET jsou volně dostupné i jiné interaktivní simulace, bylo posledním cílem vyhledat další dostupné simulace ke zvolenému tématu chování plynů a zhodnotit je.

Celkem bylo do češtiny přeloženo šest pracovních listů k PhET simulaci *Plyny úvod*, tři pro žáky základních škol a tři pro žáky středních škol. Z ostatních volně dostupných simulací na téma chování plynů bylo zhodnoceno jedenáct vyhledaných interaktivních simulací.

KLÍČOVÁ SLOVA

PhET, pracovní list, výuka chemie, interaktivní simulace, zákony plynů

ABSTRACT

This bachelor thesis studies the PhET project, particularly the interactive simulations and supplementary materials, focused on gas laws provided by the website <https://phet.colorado.edu/>, as well as resources that have investigated the effectiveness of teaching primary, secondary and university students with simulations. These resources confirm the positive impact of interactive simulations on student learning from both PhET simulations and simulations from other sources. At the same time, they stress the need to supplement teaching with simulations with accompanying materials, for example in the form of worksheets.

Worksheets for PhET simulations are uploaded to the website by registered users in different languages, but are not available in Czech. Therefore, the aim of this thesis is to translate the worksheets for the simulation Gases Intro, which visualizes a difficult interdisciplinary topic between chemistry and physics. Another aim is to describe and evaluate the selected worksheets based on criteria derived from a search of studies and PhET criteria for worksheets, so that teachers can more easily select a suitable worksheet. As there are other freely available interactive simulations besides PhET, the final objective was to search for simulations on the chosen topic of gas behaviour and evaluate them.

A total of six worksheets for the PhET simulation Gases Intro were translated into Czech, three for primary school students and three for secondary school students. The worksheets were analysed, evaluated and summarised. From the other freely available simulations on the topic of gas behaviour, eleven interactive simulations were evaluated.

KEYWORDS

PhET, worksheet, chemistry education, interactive simulations, gas laws

Obsah

1	Úvod a cíle práce	8
2	Teoretická část.....	9
2.1	Animace, simulace a interaktivní simulace ve výuce přírodních věd	9
2.2	PhET simulace.....	10
2.2.1	O projektu PhET	10
2.2.2	Webová stránka PhET	11
2.2.3	Průběh vzniku PhET simulace.....	12
2.3	Využití PhET simulací ve výuce	14
2.4	Volně dostupné online simulace – zákony plynů	16
3	Metodologie.....	27
3.1	Výzkumné metody.....	28
4	Praktická část.....	30
4.1	Popis simulace Plyny úvod.....	30
4.2	Pracovní listy	31
4.3	Podmínky pro vznik pracovního listu pro PhET simulace	32
4.4	Pracovní listy pro základní školu	33
4.4.1	Výbuch plynu (<i>EXplosión de Gas</i> , 2023).....	33
4.4.2	Simulace zákonů o plynech (<i>Introduction to Gas Variables</i> , 2019)	34
4.4.3	PhET kinetická teorie plynů (Kirk, 2020)	35
4.5	Pracovní listy pro střední školu	37
4.5.1	PhET aktivita na zákony plynů (<i>Using the Gases Intro PhET Simulation: Concept Development for Understanding Gas Laws and the Variable Changes Associated with Them</i> , 2024).....	37
4.5.2	Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě? (<i>Gas Behavior</i> , 2025)	38

4.5.3	Zkoumání chování plynů (<i>Exploring the Behavior of Gases</i> , 2020).....	40
4.6	Diskuze	41
4.7	Limity bakalářské práce	43
5	Závěr.....	44
7	Seznam informačních zdrojů.....	46
8	Seznam obrázků.....	52
9	Seznam tabulek.....	53
10	Seznam příloh.....	54

1 Úvod a cíle práce

Ve výuce chemie i jiných předmětů, ve kterých je potřeba k popisu jevů využívat abstraktní pojmy, je užitečné tuto výuku podložit nebo doplnit o vizualizační prvky, které mohou žákům a studentům pomoci lépe si některé jevy, zvláště ty okem neviditelné, představit. Vizualizací se pro ně výuka stává srozumitelnější, dokáží si abstraktní pojmy lépe představit a připodobnit ke konkrétním příkladům na základě různých reprezentací těchto jevů. K vizualizaci je možné využít řada nástrojů, kterých s rozvojem moderních technologií stále přibývá. Jednou z možností jsou i interaktivní simulace, které kromě obrazového zviditelnění poskytují i možnost nastavovat jednotlivé parametry a tím ještě lépe porozumět zkoumanému jevu.

Právě tato možnost interaktivních simulací vizualizovat složité jevy mě inspirovala k volbě tématu práce. Téma práce jsem si zvolila na základě mé studijní kombinace učitelství chemie s fyzikou, což jsou předměty, které zkoumají řadu jevů, které se těžko představují, a vizualizace může v jejich pochopení velmi napomoci. Některé simulace jsem měla možnost vidět i v rámci výuky na vysoké škole, a proto jsem se rozhodla blíže se věnovat jejich využití i v rámci nižších stupňů vzdělávání a tím získat a připravit vhodné materiály pro mou vlastní pedagogickou praxi.

Předkládaná bakalářská práce se věnuje simulacím na webu <https://phet.colorado.edu/>, který je součástí projektu PhET (Physical Educational Technology). K těmto simulacím existují také aktivity ve formě pracovních listů, které mají být žákům a studentům průvodcem pro zkoumání simulací a jevů. Konkrétně se práce věnuje simulaci *Plyny úvod* a aktivitám k ní vytvořeným. Tyto aktivity však nejsou dostupné v českém jazyce. Kromě PhET však existují i jiné volně dostupné simulace, které jsou zde také diskutovány.

Cílem práce je vybrat a přeložit do češtiny dostupné doplňkové materiály k vybrané PhET simulaci. Dalším cílem je vytvořit shrnující popis a přehledné zhodnocení vybraných pracovních listů, díky kterému bude snadnější vybrat si vhodný materiál do výuky. Posledním cílem je vyhledat, krátce popsat a zhodnotit další volně dostupné simulace na stejné vybrané téma.

2 Teoretická část

2.1 Animace, simulace a interaktivní simulace ve výuce přírodních věd

Pro vizualizaci přírodovědných jevů za využití moderních technologií lze využít různé nástroje, jako například animace zobrazující pohyblivě nějaký děj stále dokola. Simulace jsou pokročilejší v tom, že je lze ovládat, spouštět a zastavovat. Celkově mohou být více názornější. Výhodou interaktivních simulací je pak aktivní zapojení uživatele do jejich ovládání, nastavování parametrů a samostatnějšího zkoumání.

Vliv těchto vizualizačních prvků na studijní výsledky žáků, jejich porozumění dané problematice v přírodních vědách a motivaci k jejich studiu zkoumala již řada studií. Například Rutten (2012) uvádí, že se simulace staly běžnou pomůckou učitelů během vyučování jako doplněk nebo náhrada k tradičnímu vzdělávání. Pozitivně hodnotí také využití simulací, jako přípravu pro laboratorní práci nebo jejich náhradu, přičemž zde byla pozorovaná jejich vysoká efektivita díky lepšímu porozumění žáků na základě porovnání výsledků pretestů a posttestů. Výzkum však zdůrazňuje, že nebyl zkoumán dlouhodobý účinek na porozumění žáků a míra vedení vyučujícím při práci se simulací (Rutten et al., 2012). Další výzkum (D'Angelo et al., 2014) zaměřující se na kvantitativní zkoumání efektu simulací tvrdí, že úspěšnost žáků využívajících při výuce simulace je oproti žákům, kteří se učí tradičním způsobem, vyšší a zároveň uvádí, že modifikace simulací (různé reprezentace, vedení k samostatnosti žáka, využití simulace jako laboratorní aktivity, kooperativní učení a další) jsou pro žáky přínosnější než simulace bez těchto modifikací. Smetana a Bell (2012) také potvrzují pozitivní dopad na žáky používající simulace oproti tradičnímu způsobu výuky. Jako výhodu uvádějí i jistou možnost individualizace, kdy žák přebírá kontrolu nad učením. Simulace jsou pro žáky také příležitostí ke zlepšení ve vědeckém postupu při práci, jako je schopnost vizualizovat, klasifikovat poznatky, interpretovat data, učit se řešit problémy a navrhovat experimenty. Největší efektivitu vykazuje využití simulací jako doplněk a ne přímo náhrada jiných metod výuky, dále za předpokladu využití velmi kvalitních podpůrných materiálů a nakonec jejich využití k nacházení a řešení nesouladů mezi jejich předpoklady a vlastními experimentálními poznatky (Smetana et al., 2012).

V České republice byl realizován výzkum zabývající se mobilními aplikacemi k procvičení stavby atomu, který poukazuje na nutnost interaktivity a správnosti vizualizace aplikací (Pavlíková et al., 2022). V disertační práci Adamce (2012) jsou předloženy možnosti využití vizualizačních moderních technologií během výuky a jak je do výuky implementovat. Pro

snadnější hodnocení simulací byla v českém prostředí vytvořena i kritéria zabývající se touto problematikou, která budou dále využita v této práci pro hodnocení konkrétních simulací (Henychová et al., 2023).

2.2 PhET simulace

2.2.1 O projektu PhET

PhET (Physics Education Technology) je projekt, který byl založen na University of Colorado Boulder fyzikem Carlem Wiemanem. Cílem bylo vytvořit funkční nástroj pro učitele, který by byl co nejflexibilněji využitelný v různých stupních vzdělávání – od základní školy po přednášky na univerzitě a zároveň pro různé vyučovací formy – cvičení nebo přednášky ve škole, domácí úkoly, laboratorní úlohy, ale také k samostatnému vzdělávání (Guttenplan, 2011).

Základním prvkem a unikátností PhET simulací je, že namísto memorování je učení realizováno skrz zkoumání a objevování, které se blíží vědeckému bádání a tím může podnítit zájem o vědeckou práci i v uživateli, kteří by se k takovému způsobu bádání dostali jen stěží (např. ve vzdělávacích institucích bez dostatečného laboratorního vybavení). Klíčová je také dostupnost simulací, která má být co největší, a proto jsou všechny simulace přístupné zdarma online a je zde i možnost si je bezplatně stáhnout. Zdrojový kód simulací, psaný teď převážně v HTML5, je volně přístupný pro překladatele i běžné uživatele, kteří tak mohou jejich překladem dopomoci k jejich zpřístupnění lidem po celém světě. Díky tomu jsou dnes PhET simulace celosvětově rozšířené a přeloženy do 120 jazyků (*Carl Wieman, 2012; The Founding of PhET, 2012*).

V současné době (15. 5. 2025) existuje v rámci projektu PhET 173 interaktivních simulací zaměřených na přírodní vědy. Jelikož zakladatelé PhET jsou odborným vzděláním fyzici, je většina simulací zaměřena na fyzikální témata, ale dále také na matematiku a statistiku, chemii, vědy o Zemi a vesmíru, a biologii. Vybrané téma by v simulaci mělo být zjednodušené tak, aby se dalo snadno pochopit, ale zároveň nevedlo ke vzniku miskoncepcí. Učitelé mohou simulace využít formou demonstračního pokusu během vyučování, v rámci domácích úkolů s nimi pak žáci a studenti mohou pracovat sami za podpory např. pracovních listů nebo předem stanovených otázek a své využití mají i na cvičeních a seminářích na univerzitách. Uživateli je díky jednoduchému a intuitivnímu ovládání poskytnuta možnost samostatně zkoumat a objevovat vztahy mezi veličinami, ale také příčiny jejich chování a následky. Ke snadnějšímu zapamatování přírodovědných fenoménů dopomáhá uživatelům vysoká míra interaktivity, kdy

Lze spoustu parametrů v simulaci ručně nastavit, přičemž její odezva na tyto změny je okamžitá. Svým designem mají simulace uživatele zaujmout a mají být i přiměřeně zábavné, proto výzkumný tým neustále pracuje na zlepšování vizuální i vzdělávací stránky PhET simulací, vylepšování funkcí na stolních i přenosných počítačích, mobilu i tabletu (*About Phet*, 2025; *Titulní stránka PhET*, 2025). Jelikož je celý projekt finančně náročný a výstupy jsou poskytovány po celém světě zdarma, je potřeba mít silné sponzorské zázemí, do kterého se řadí: University of Colorado Boulder, C. Weiman & S. Gilbert, The O'Donnell Foundation, Google.org™, The Kavli Foundation, The Mastercard Foundation a další (*About Phet*, 2025; *Supporters*, 2025; *What is PhET?*, 2018).

2.2.2 Webová stránka PhET

Simulace jsou dostupné na webové stránce <https://phet.colorado.edu/> a standardně je dostupná v anglickém jazyce s možností přepnutí do 47 dalších světových jazyků. Úvodní stránka obsahuje přehled základních informací a možností k projektu PhET, přičemž se odtud lze snadno dostat na stránku všech dosud existujících simulací, například ze záložky „Simulations“. Zde je možné zobrazit si jen simulace z určitého oboru nebo překlad do konkrétního jazyka. Do českého jazyka je aktuálně přeloženo 153 simulací, z nichž 116 je dostupných v HTML5, 33 v Java a 4 ve Flash. Další možností je úprava a přednastavení simulací v záložce „Studio“. Tato služba je nicméně za poplatek. V záložce „Teaching“ je možné najít aktivity k simulacím z vybrané vzdělávací oblasti nebo stupně vzdělávání. Typicky se jedná o pracovní listy vytvořené jinými uživateli simulací. Aktivity musí splňovat kritéria, která budou diskutována v dalších kapitolách. Aby se aktivity a pracovní listy uživateli zobrazily, je potřeba se bezplatně zaregistrovat.

Pro učitele dále PhET nabízí online workshopy, skrze něž se seznámí s pedagogickými strategiemi vhodnými pro PhET aktivity a celkově s možnostmi, které PhET projekt poskytuje. Tyto workshopy jsou zdarma a nabízí podrobný návod, jak začít se simulacemi pracovat. Dále jsou zde přístupné tipy a metodiky pro učitele, jak se simulacemi zacházet, jak je využívat v konkrétních hodinách na různých stupních škol, jak pro ně vytvářet aktivity a pracovní listy, jak si rozvrhnout hodinu atd. Všechny metodiky jsou v anglickém jazyce, nicméně webová stránka je možné zobrazit v českém jazyce (ovšem jen s automatickým překladem) (*PhET Studio*, 2025; *PhET Virtual Workshop for Teachers*, 2025; *Tips for Using PhET*, 2025; *Titulní stránka PhET*, 2025).

V další záložce „Research“ jsou podrobně rozepsány cíle výzkumu a oblasti, na které se PhET zaměřuje. Tyto výzkumy mají vést ke zefektivnění simulací a doplňujících aktivit. Vybrané studie jsou zde uvedeny podle témat, kterým se věnují a podle roku vydání, většina je zde formou hypertextových odkazů. Nejnovější studie jsou však z roku 2018, nejstarší z roku 2004.

Další záložka „Initiatives“ se věnuje dalším projektům, které vznikly z iniciativy PhET, jako je například inkluzivní design simulací, který pomáhá žákům a studentům se speciálními vzdělávacími potřebami nebo senzorickými poruchami. Inkluzivní prvky jsou do simulací postupně přidávány. Mezi tyto prvky patří třeba možnost ovládat simulaci pomocí interakce s kamerou přes konkrétní volně dostupný software, více zvukových prvků v simulaci, možnost předčítání psaného textu ze simulace a další.

Dalším projektem je „PhET Global“, který má za cíl zpřístupnit PhET simulace co nejvíce zemím světa a podporovat tak vzdělávání po celém světě. V současné době je 49 % uživatelů simulací ze států mimo Spojené státy americké. Aby se simulace dostaly k co nejširšímu spektru lidí, pracuje tým PhET na jejich dostupnosti online i offline a to na různých zařízeních a v různých prohlížečích, překladech do dalších jazyků nebo kurzech pro učitele o tom, jak se simulacemi efektivně pracovat. Tento program je soustředěn hlavně na Afriku a Latinskou Ameriku.

Další PhET iniciativou je „DEIB in STEM Education“, která se snaží implementovat do výuky za přispění PhET materiálů hodnoty různorodosti (Diversity), rovnosti (Equity), inkluze (Inclusion) a sounáležitosti (Belonging). To zahrnuje například: přístup k simulacím z různých platform, implementaci mezioborových vazeb nebo nastavitelnost a použitelnost simulací a doplňkových materiálů pro žáky a studenty různých vzdělávacích stupňů. Simulace by měly demonstrovat jevy a koncepty z reálného života, propojovat je s možnými povoláními a zaměstnáními a uvádět tipy, jak si daný jev vyzkoušet v praxi.

Poslední záložkou je „Sign in/Register“, z níž se po přihlášení či bezplatném zaregistrování stane záložka „My account“, kde lze zobrazit uložené záložky aktivit (pracovních listů) k simulacím, vlastní publikované aktivity a přednastavené simulace, které jsou ovšem přístupné jen v rozšířené placené verzi.

2.2.3 Průběh vzniku PhET simulace

Vzniku každé simulace předchází 2 až 8 měsíců trvající pečlivý výzkum zabývající se otázkou: Jak vytvořit efektivní simulaci? Cílem PhET je pomoci studentům poznat, jak jsou přírodní vědy spojené s okolním světem. Dr. Michael Dubson (jeden z tvůrců simulací) na toto téma

prohlásil: „*Není lepší cesta, jak se něco dozvědět o chování systému, než že s ním budeme interagovat a sledovat, jak se chová, když změníme některé parametry. Neustálá odezva je klíčová pro propojení ovládání systému se světem,*“ (PhET, 2013). Simulace by měly být co nejvíce propojeny s reálným světem a s tím, co mohou uživatelé znát, např. využití pravítka k měření délek, pumpa k přivedení částic plynu do nádoby, reálně vypadající závaží používaná na školách, vlnění znázorněné na drátu elektrického vedení a další.

Běžné formulace přírodních jevů a některých zákonů mohou být pro žáky a studenty k pochopení složité, protože jsou uváděny příliš vědecky a formálně. Proto je lepší vytvářet reprezentace vybraného fenoménu vizualizacemi s objekty z běžného života, přičemž simulace má být tak jednoduchá, aby k jejímu ovládání nebyly potřeba žádné další instrukce a uživatel si na to snadno přišel sám. Po otevření simulace by uživatel neměl být přehlcn jejím obsahem a množstvím ovládacích prvků. Hrozilo by pak, že bude daný fenomén zkoumat jinak, než bylo původně zamýšleno tvůrci a v tématu se pak ztratí. Je tedy potřeba do každé simulace zaimplementovat implicitní vedení, které bude uživateli dávat svobodu v manipulaci s ovládacími prvky, ale svou odezvou dokáže uživatele vést po správné výzkumné cestě. Je vhodné, pokud je simulace přiměřeně hravá, zábavná, a i trochu vtipná (PhET, 2013).

Před vývojem simulace se stanoví, které téma by bylo ke zpracování touto formou přínosné. Nejprve se provádí komplexní a odborný výzkum vedený samotným PhET týmem, ale také jinými výzkumníky. Potřeba jsou programátoři a vývojáři softwaru, učitelé ze základních a středních škol, odborníci na příslušné obory přírodních věd (matematika a statistika, fyzika, chemie, biologie, vědy o Zemi a vesmíru), odborníci na výzkum vzdělávání a další. Zabývají se přitom mimo jiné i otázkou, jaké mají žáci a studenti obtíže s chápáním tématu a co by jim mohlo pomoci k lepšímu pochopení, například formou nějaké jiné reprezentace. Dále je potřeba rozmyslet design simulace a vzít v potaz kognitivní přetížení uživatelů množstvím podnětů.

Po výběru vhodného tématu se nejprve stanoví výukové cíle, ke kterým by uživatele měla simulace přivést. Dalším krokem je storyboarding a rozmyšlení, jaké konkrétní ovládací prvky bude simulace mít. Následně se celá simulace naprogramuje a poté se rozsáhle testuje a hodnotí, aby se zajistila její co nejvyšší efektivnost. Testy probíhají tak, že si vývojáři pozvou individuálně několik uživatelů (žáků a studentů), pustí jim simulaci a nechají je intuitivně s ní pracovat. V průběhu pozorují jejich práci, nakonec s nimi vedou rozhovory. Kromě individuálních testů se dělají také testy v rámci celé třídy. Na základě těchto testů se simulace finálně dopracuje, dotvoří se typy pro učitele, učební cíle a hlavní témata, aktivity, simulace se nahraje na web a uživatelé ji mohou začít používat (PhET, 2013; *What is PhET?*, 2018).

PhET vede průběžné výzkumy efektivity simulací. Ty zjistily, že jestliže necháme žáky a studenty hrát si se simulací samostatně doma, většina z nich si se simulací ve volném čase nebude hrát, pokud nebudou mít nějakou přímou motivaci, jako je například známka. Proto se vedou výzkumy na to, jak nejlépe začlenit simulace do domácích úkolů (*The Founding of PhET*, 2012).

2.3 Využití PhET simulací ve výuce

Výzkumu PhET simulací se věnuje řada studií a článků, z nichž některé jsou v této části práce shrnuty a diskutovány. Výsledky těchto studií přitom ukazují vesměs pozitivní dopad v porozumění žáků diskutovaným tématům (Mera & Benarroch, 2024).

Diab a Ndagijimana et al. uvádí pozitivní vliv použití simulací ve výuce na základní škole, kdy žáci po práci se simulacemi dosáhli lepších výsledků v posttestu než žáci v kontrolní skupině. Zároveň byli schopni lépe argumentovat a používat odborné pojmy (Diab et al., 2024; Ndagijimana et al., 2025).

Z výzkumu na střední škole Correia et al. taktéž potvrzují pozitivní dopad na porozumění žáků učivu, tentokrát v tématu vlastnosti plynů. Při výuce byla přitom využita metoda „scaffoldingu“¹. Diskutují se zde i nejpřínosnější a nejméně přínosné prvky výuky (Correia et al., 2019). PhET simulace podle Guerrero-Julia et al. navíc pomáhají rozvíjet i kompetence k řešení problémů (Guerrero-Julio et al., 2024).

Chamberlain, Moore a další se zaměřili na univerzitní studenty a vliv míry řízení aktivit s PhET simulacemi na jejich porozumění problému. Z výzkumů je patrné, že výuka uskutečňovaná badatelskou formou je pro studenty přínosnější a vlastní zkoumání jim pomáhá k lepšímu pochopení více než příliš řízená výuka za podpory striktních instrukcí (Chamberlain et al., 2014; Moore et al., 2013).

Simulace lze podle Moore et al. ve výuce realizovat formou demonstračního experimentu, jako primární učební zdroj k učení, doplněk či náhrada laboratorního cvičení nebo místo domácího úkolu, na kterém žáci mohou pracovat buď ve skupině, nebo samostatně. Simulaci by přitom měly být doplněny vhodnými návodnými otázkami, badatelskými pracovními listy a případně i diskuzí v rámci třídy (Moore et al., 2014). Konkrétně ve výzkumu autorů Carpenter et al.

¹ Metoda postupného efektivního budování znalostí na základě vhodného kladení otázek a jiných strategií, zjednodušeně řečeno jde o cílenou efektivní podporu žáka v jeho učení.

tvrdili studenti, že jim k pochopení tématu vyčíslování chemických rovnic vyhovovaly ukázky různých způsobů řešení a různé reprezentace v simulaci (Carpenter et al., 2016).

Lze pozorovat, že učitelé vnímají simulace jako efektivní a vhodný způsob předkládání vědeckých fenoménů žákům a studentům, ačkoli se toto může v různých zemích lišit (Ben Ouahi et al., 2022; Price et al., 2019). V České republice se tvorbě nových didaktických materiálů pro práci se simulacemi věnovala například Věra Andrlíková (Andrlíková, 2021).

2.4 Volně dostupné online simulace – zákony plynů

Praktická část této práce se zaměřuje na PhET simulace k tématu chování plynů, což nejsou jediné dostupné interaktivní simulace, nicméně jsou unikátní v tom, že jsou na jednom místě dostupné zdarma a k velkému množství témat. Během zpracování bakalářské práce byly prozkoumány další volně dostupné interaktivní simulace k tématu chování plynů. Za interaktivní simulace byly považovány pouze ty, ve kterých má uživatel možnost nastavovat různé parametry s viditelnou odezvou. Vzhledem k tématu praktické části práce bylo zvoleno téma zákonů plynů pro vyhledávání simulací.

Simulace byly vyhledávány tak, že do vyhledávače v Google Chrome bylo zadáno heslo „zákony plynů simulace“ a později „gas laws simulations“. Tímto bylo nalezeno větší množství simulací a animací, z nichž bylo vybráno jedenáct interaktivních simulací zabývajících se tématem zákonů plynů, které jsou níže krátce popsány a slovně jednotlivě zhodnoceny dle hodnotících kritérií Henychové, Obr. 1, (Henychová et al., 2023). Ke každé popisované simulaci je zde uveden i jeden náhled. Vybrané simulace jsou s odkazy na ně uvedeny v Tabulce 1. Všechny kromě první uvedené simulace jsou dostupné jen v anglickém jazyce.

Hodnotící kritéria			ANO
Obsahová složka		Je do simulace zakomponována práce s Bekeťovovou řadou?	
		Zobrazuje simulace vedení proudu v kapalinách?	
		Jsou v simulaci zobrazeny děje na jednotlivých elektrodách?	
		Jsou v simulaci zapsané rovnice dějů, které na elektrodách probíhají?	
Náležitosti simulace	didaktické	Je simulace adekvátní úrovni na střední škole?	
		Je simulace přehledná?	
		Je žákovi po pokusu poskytnuta zpětná vazba?	
		Lze pokus provést ve více variantách?	
	technické	Je přítomna nápověda?	
		Obsahuje simulace zvukové kulisy?	
		Je simulace popsána v mateřském českém jazyce?	
		Nabízí simulace pohled do makrosvěta i mikrosvěta?	
		Lze u simulace nastavovat podmínky reakce?	
	uživatelské	Je simulace designově uživatelsky přijatelná?	

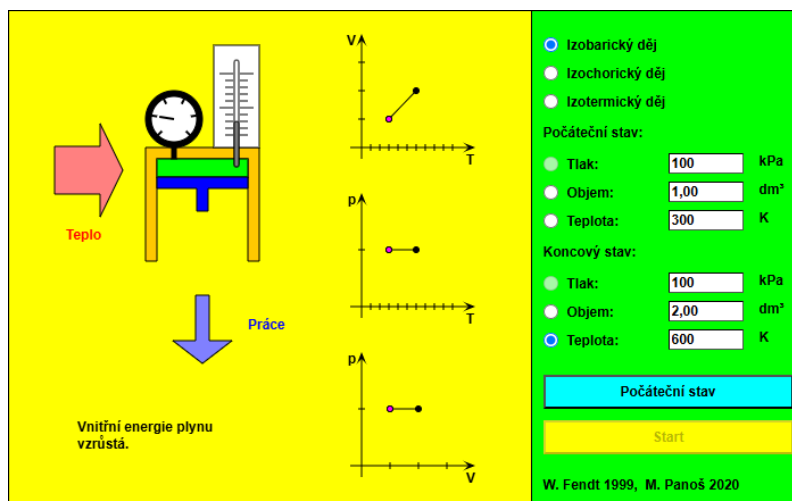
Obrázek 1: Tabulka pro hodnocení interaktivních simulací (Henychová et al., 2023)

Tabulka 1: Volně dostupné simulace na zákony o plynech

Název simulace	Odkaz na simulaci
Děje s ideálním plynem	https://www.walter-fendt.de/html5/phcz/gasprocesses_cz.htm
Gas Laws Simulation	https://teachchemistry.org/classroom-resources/the-gas-laws-simulation
Ideal Gas Law	https://learncheme.com/simulations/thermodynamics/thermo-1/ideal-gas-law/
Gas Law Simulator	https://ch301.cm.utexas.edu/simulations/js/idealgaslaw/
p-V diagram	https://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/PV_diagram.html
Ideal Gas Laws	https://www.geogebra.org/m/YzwWBYP3
Interactive Gas Law Simulator	https://punyamishra.com/ai-sims/gas-laws2/
Chemistry Simulation: Ideal Gas Behavior	https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Chemistry/Ideal-Gas-Behavior/Interactive
Gas in Various Condition	https://javalab.org/en/gas_in_various_condition_en/
GasSim	https://www.sciencebysimulation.com/gassim/Simulator.aspx
Gas Laws	https://learn.concord.org/resources/129/gas-laws

Děje s ideálním plynem

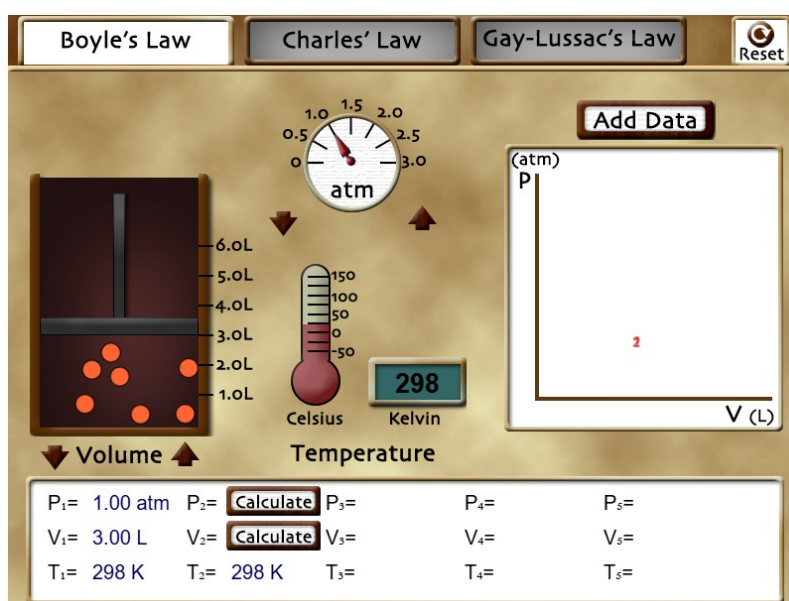
Webová stránka s touto českou simulací na Obr. 2 začíná krátkým popisem a instrukcemi, v simulaci se zobrazuje zjednodušený píst a tři grafy pro tři různé závislosti proměnných. Nastavitelné jsou počáteční a koncové stavy tlaku, objemu a teploty a také to, zda celá situace bude izobarická, izochorická nebo izotermická. Po nastavení a spuštění se začne píst pohybovat a grafy vykreslovat. Simulace je velmi jednoduchá a není příliš interaktivní, nicméně může být vhodná pro jednoduché znázornění průběhu chování ideálního plynu (Fendt, 2020).



Obrázek 2: Děje s ideálním plynem (Fendt, 2020)

Gas Laws Simulation

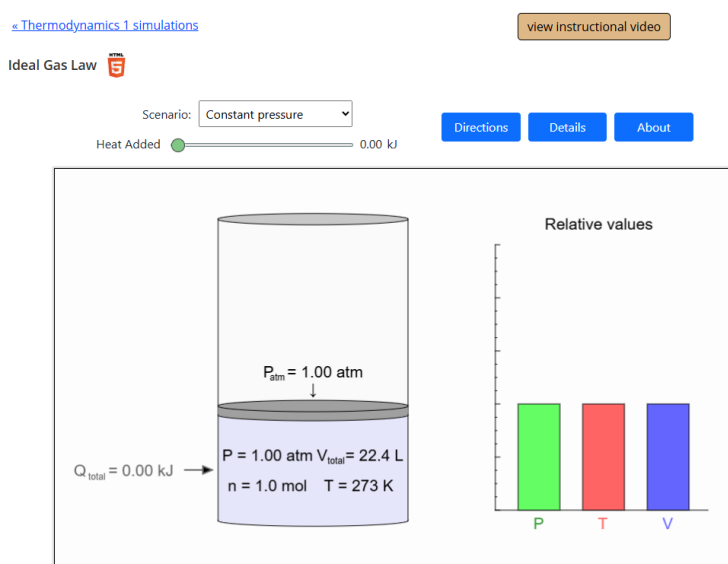
V simulaci Gas Law Simulation (Obr. 3) je možné vizualizovat změny parametrů v komoře s plynem a příslušné hodnoty objemu, teploty a tlaku zaznamenat do tabulky, ze které se pak generuje graf vybraného zákona plynu. Je možné zde zvolit mezi zkoumáním Boyleova zákona, Charlesova zákona a Gay-Lussacova zákona, přičemž vždy se udržuje příslušný parametr jako konstantní. Simulace je přehledná, jednoduše ovladatelná, je k ní připojen i popis a odkaz na možný výukový plán s tipy pro učitele. Chování plynu je zde popsáno jak graficky a číselně, tak jako animace komory s částicemi plynu (*Classroom Resources | Gas Laws Simulation*, 2025).



Obrázek 3: Gas Laws Simulation (Classroom Resources | Gas Laws Simulation, 2025)

Ideal Gas Law

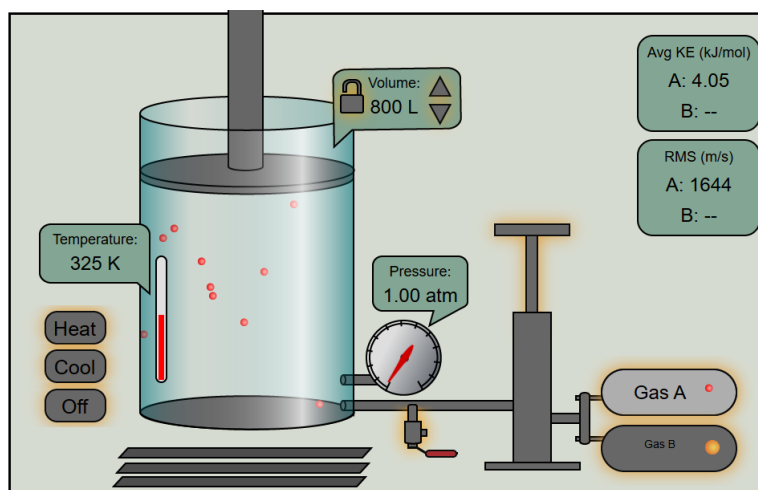
Simulace znázorněná na Obr. 4 ukazuje spíše číselnou a grafickou reprezentaci zákonů plynů, kdy je snaha znázornit, jak se vůči sobě mění relativní hodnoty tlaku, teploty a objemu, k čemuž přidává i konkrétní číselné hodnoty, které se mění při změně parametrů simulace. Pro vizualizaci je zde ale i komora, u níž lze měnit buď tlak nebo dodané teplo podle aktuálního nastavení simulace, kterých je zde pět. Na webové stránce je i odkaz na instruktážní video a další informace o simulaci a diferenciálních rovnicích popisující danou situaci. I proto je simulace vhodnější raději na střední a ideálně vysokou školu. Interaktivita simulace je nižší vzhledem k tomu, že měnit lze vždy jen jeden parametr, nicméně odezva je okamžitá. Design simulace je jednoduchý, ale přehledný (*Ideal Gas Law*, b.r.).



Obrázek 4: *Ideal Gas Law* (*Ideal Gas Law*, b.r.)

Gas Law Simulator

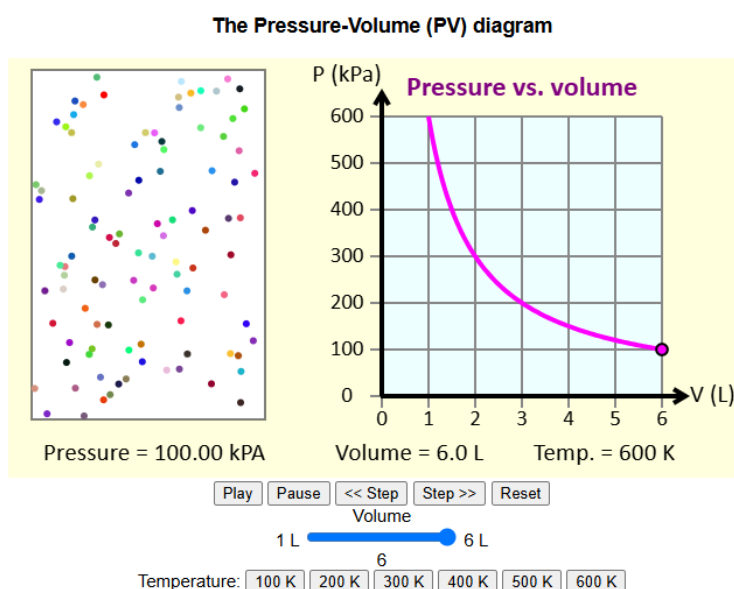
Tato simulace na Obr. 5 je vizuálně hezká tím, že připomíná laboratorní vybavení, je interaktivní s nastavitelnými hodnotami objemu, teploty, množství a typu částic (lehké a těžké). Lze zde tedy prozkoumat, jak se mění jednotlivé hodnoty tlaku, teploty, objemu, průměrné energie částic, rychlost a jak se částice v nádobě pohybují. Simulace nemá více nastavitelných variant a nelze ani vygenerovat grafické znázornění. Nejsou tu také žádné instrukce a nápověda. Lze nicméně pozorovat průběh simulace, okamžitou odezvu na změny parametrů, pozorované hodnoty zaznamenat a graficky je znázornit v jiném programu (*Gas Law Simulator*, b.r.).



Obrázek 5: Gas Law Simulator (Gas Law Simulator, b.r.)

p - V diagram

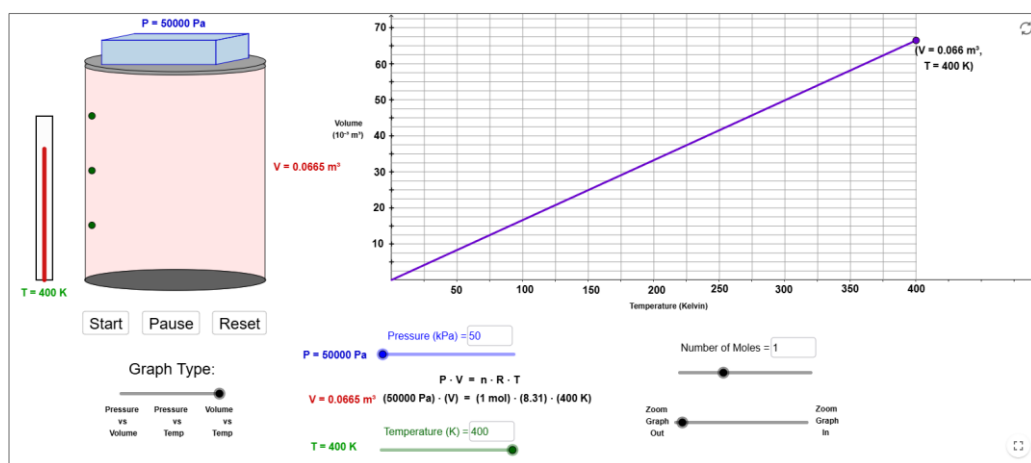
Dle svého názvu znázorňuje simulace na Obr. 6 závislost tlaku na objemu, a to vizuálně, číselně a graficky. Je zde možné pozorovat komoru s pohybuujícími se reprezentacemi částic plynu a graf závislosti tlaku na objemu (p - V diagram). Nastavit zde lze šest možných teplot, přičemž pro každou lze stanovit tlak při zvoleném objemu a během toho se vykresluje graf. Na webové stránce simulace jsou přímo uvedeny instrukce k manipulaci se simulací. Simulace je designově i uživatelsky jednoduchá, zvláště reprezentace částic plynu je hodně jednoduchá. Nevýhodou je, že není možné zobrazit více izoterm v jednom grafu najednou, což by mohlo být ještě názornější (Duffy, 2018).



Obrázek 6: p - V diagram (Duffy, 2018)

Ideal Gas Laws

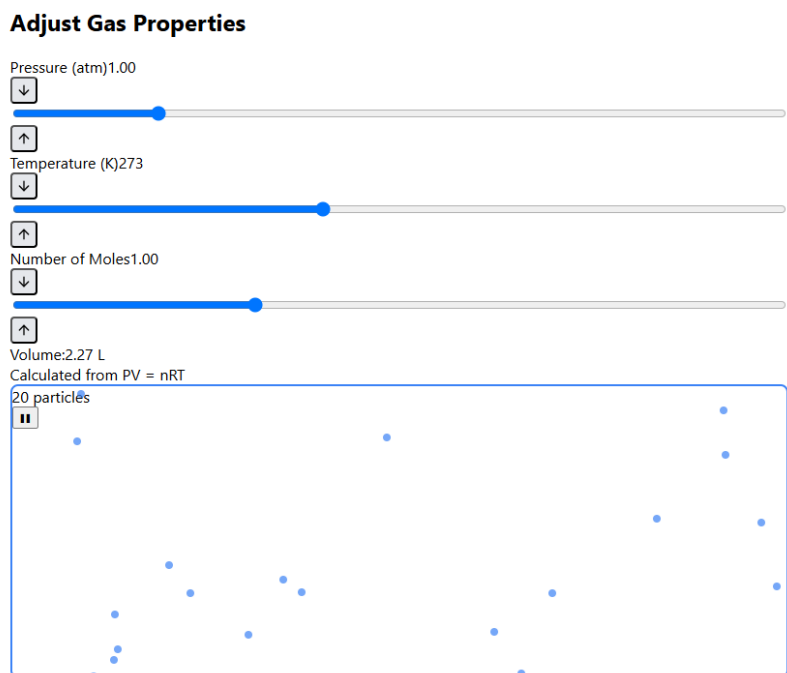
Tato simulace na Obr. 7 je vytvořena v programu GeoGebra. Vizualizace plynu v komoře je zde hodně zjednodušená, nicméně možnosti nastavování parametrů objemu, teploty a tlaku jsou velké a s okamžitou grafickou i vizuální odezvou. Jsou zde také uvedeny výpočty hodnot ze stavové rovnice ideálního plynu a lze zvolit mezi typem grafické závislosti. Pro žáky, kteří jsou zvyklí používat GeoGebra, může být simulace velmi vhodná a přehledná, pro mladší žáky, kteří tento program neznají, může být grafická reprezentace zpočátku náročnější, nicméně lze se v ní celkem snadno zorientovat. K simulaci nejsou uvedeny instrukce ani návod a hodí se tedy pro grafické znázornění zákonů plynů s jednoduchým vizuálním doprovodem (Newitt, 2016).



Obrázek 7: Ideal Gas Laws (Newitt, 2016)

Interactive Gas Law Simulator

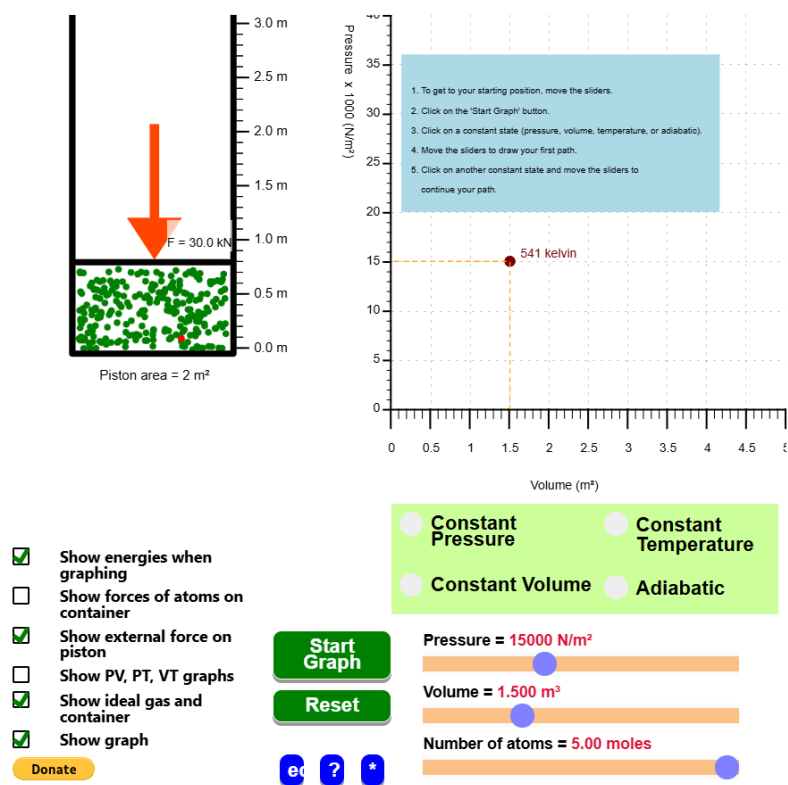
V této simulaci na Obr. 8 je možné zvolit mezi zobrazením zákona ideálního plynu, Boyleva zákona, Charlesova zákona, Gay-Lussacova zákona nebo Avogadrova zákona. Na začátku je krátký popis simulace a dále možnosti nastavení tlaku, teploty nebo počtu molů. Simulace nicméně není vůbec názorná, na osách jsou vidět pouze měnící se hodnoty parametrů podle úvodního textu a dole je komora s pohybujícími se částicemi reprezentujícími moly plynu. Žádnou další reprezentaci simulace nenabízí, takže se k použití nedá příliš doporučit (Interactive Gas Law Simulator, b.r.).



Obrázek 8: Interactive Gas Law Simulator (Interactive Gas Law Simulator, b.r.)

Chemistry Simulation: Ideal Gas Behavior

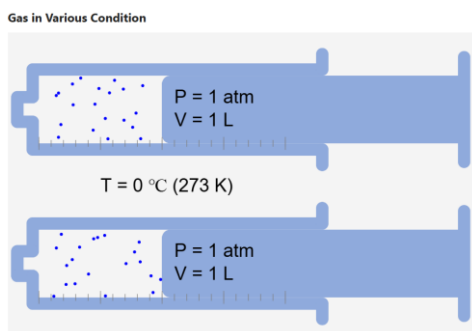
Webová stránka této simulace na Obr. 9 je uvedena úvodním textem s krátkým popisem simulace. Dále následuje vizuální reprezentace komory s plynem i s měřítky. Vpravo od komory je graf s instrukcemi k použití simulace. Pod grafem je možné zaškrtnout zobrazované prvky a grafy, pod komorou je pak možné nastavit volitelné hodnoty tlaku, objemu a počtu atomů a dále také zvolit, která proměnná bude udržována jako konstantní. Po spuštění simulace se začne vykreslovat graf dle zvolených parametrů a začne se měnit i komora s plynem. Je zde k dispozici i nápověda. Simulace je vizuálně přívětivá a barevně rozlišená, nicméně obsahuje hodně informací, kterých může být pro některé uživatele moc, což může působit rušivě. Nicméně tyto zobrazované informace lze nastavit a pracovat jen s některými, nebo je zobrazovat postupně. Díky tomu může být simulace hezky přehledná (*Chemistry Simulation: Ideal Gas Behavior*, 2025).



Obrázek 9: Chemistry Simulation: Ideal Gas Behavior (Chemistry Simulation: Ideal Gas Behavior, 2025)

Gas in Various Condition

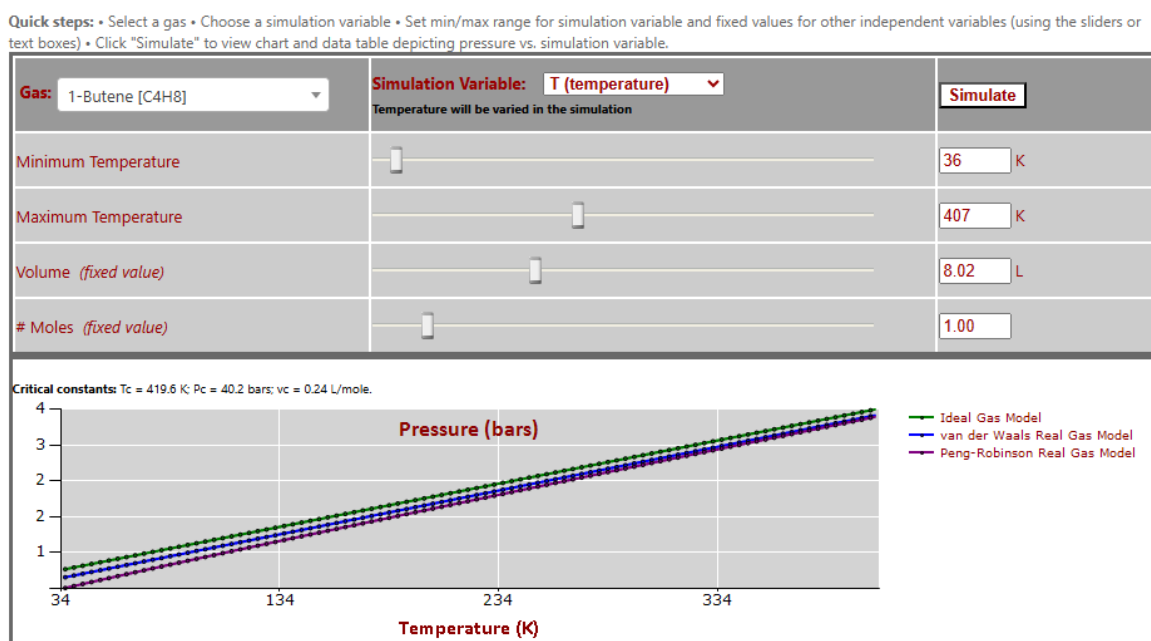
Simulace na Obr. 10 zobrazuje dvě injekční stříkačky s hodnotami tlaku, objemu a teploty. Teplotu lze pro obě stříkačky najednou nastavit na posuvníku, objem a s ním související tlak lze nastavit posuvem pístu. Částice plynu ve stříkačce jsou zviditelněny a lze pozorovat jejich pohyb. Není zde však zobrazen žádný graf. Pod simulací je popis chování ideálního plynu i s několika přibližujícími příklady. Simulace je celkem přehledná, ale zaměřuje se jen na jednu reprezentaci chování plynu. Nicméně pro názornost a přiblížení na příkladu injekční stříkačky může být simulace vhodným přiblížením (*Gas in Various Condition - Javalab, b.r.*).



Obrázek 10: Gas in Various Condition (Gas in Various Condition - Javalab, b.r.)

GasSim

V této simulaci na Obr. 11 je možné vybrat si jeden ze sedmdesáti šesti plynů, u něj lze zvolit, která proměnná bude nezávislá (teplota, objem nebo počet molů), u této proměnné se nastaví maximální a minimální hodnota a dále pevné hodnoty dvou zbylých proměnných. Následně lze nasimulovat graf závislosti tlaku na zvolené nezávislé proměnné a zobrazit tabulku s hodnotami ve vybraném rozmezí. Jiná reprezentace plynů zde není. K simulaci si lze zobrazit i uživatelskou příručku s informacemi a vysvětlením chování ideálních a reálných plynů. V grafu se přitom zobrazí tři druhy závislostí vykreslované podle třech různých rovnic modelů plynů. Simulace je na ovládání celkem jednoduchá a lze ji použít k porovnání vlastností poměrně velkého množství plynů. Je tedy vhodnější spíše k pokročilejšímu zkoumání vlastností plynů a rozdílů mezi nimi (*GasSim - a gas law simulation app from ScienceBySimulation, 2017*).

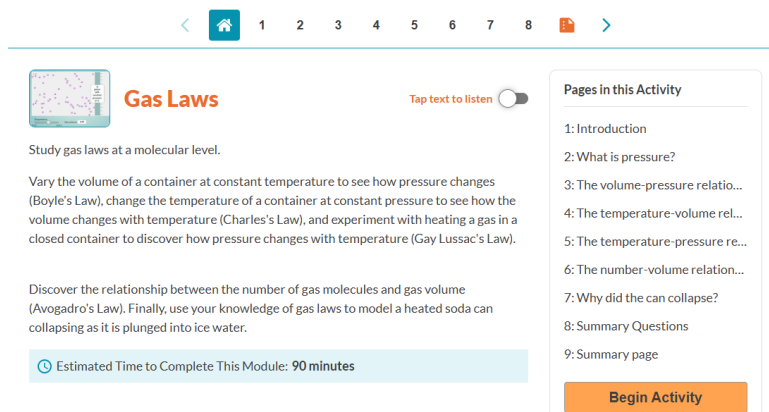


Obrázek 11: GasSim (GasSim - a gas law simulation app from ScienceBySimulation, 2017)

Gas Laws

Tato simulace na Obr. 12 je koncipována jako devadesátiminutová aktivita na zákony plynů. Po otevření se postupně zobrazují stránky s průvodními úkoly, simulacemi a průběžnými otázkami, ve kterých se probírají a představují jednotlivé zákony, které mají uživatele přivést k vysvětlení pokusu se zahrátou plechovkou, která se vloží do ledové vody. Jednotlivé zákony jsou postupně objasňovány a vysvětlovány, simulace jsou barevné a přehledné a jsou zde k nim taky instrukce, na uzavřené otázky lze dostat okamžitou odezvu. Na konci aktivity je shrnutí a otázky na závěr. Učení je zde realizováno formou badatelské výuky s pomocnými otázkami

podobně jako ve PhET simulacích. Je zde také možnost přečíst psaný text nahlas. Nevýhodou je ovšem to, že celá aktivita je pouze v angličtině (*Gas Laws*, 2025).



Obrázek 12: *Gas Laws* (*Gas Laws*, 2025)

Tabulka 2: Celkové zhodnocení simulací k chování plynů

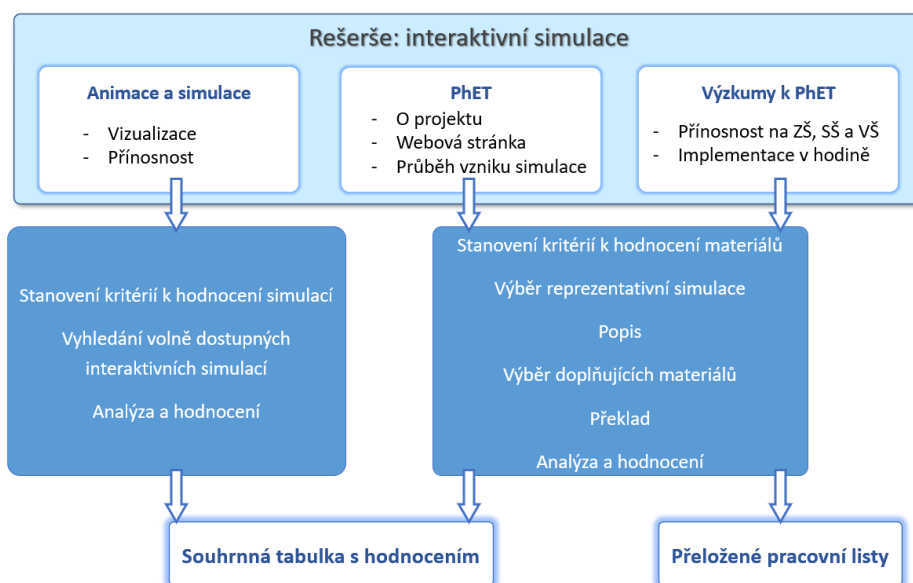
Simulace	Více variant	Pohled do makrosvěta i mikrosvěta	Nastavení experimentálních podmínek	Instrukce	Graf	Uživatelská přívětivost
Děje s ideálním plynem	ano	ne	ano	ano	ano	ano
Gas Laws Simulation	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Ideal Gas Law	ano	ne	částečně	ano	ne	ne
Gas Law Simulator	ne	ano	ano	ne	ne	ano
p - V diagram	ne	ne	ano	ano	ano	ne
Ideal Gas Laws	ano	částečně	ano	ne	ano	částečně
Interactive Gas Law Simulator	ano	ne	částečně	ne	ne	ne
Chemistry Simulation: Ideal Gas Behavior	ano	částečně	ano	ano	ano	částečně
Gas in Various Condition	ne	ano	ano	částečně	ne	ne
GasSim	ano	ne	ano	ano	ano	částečně
Gas Laws	ano	ano	ano	ano	ne	ano

Všechny simulace byly nakonec zhodnoceny v rámci jedné tabulky s vybranými upravenými kritérii. Kritéria nejlépe splňovala simulace *Gas Laws Simulations*, kde bylo možné ve zvolené variantě simulace nastavit parametry a podle nich se vykreslily body grafu a byla zde i metodika. Podmínky dále dobře splňovala simulace *Děje s ideálním plynem*, kde však nebyla mikroskopická reprezentace chování plynu v uzavřené nádobě, a simulace *Gas Laws*, kde simulace byly součástí interaktivního pracovního listu, nicméně s horší grafickou reprezentací.

3 Metodologie

Cílem práce bylo vybrat, přeložit do češtiny a zhodnotit dostupné materiály k vybrané PhET simulaci. V českém jazyce je ke dni 14. 5. 2025 dostupných 54 simulací k předmětu chemie. Ke každé simulaci má registrovaný uživatel možnost přidat vlastní vytvořené aktivity, což mohou být kvízy, prezentace s otázkami, laboratorní úlohy nebo pracovní listy, kterých je zde nejvíce. Aktivity mají být uživatelům oporou při badatelském zkoumání simulace a tím i zlepšit porozumění danému fenoménu. Tyto aktivity však nejsou dostupné v českém jazyce. Proto je cílem práce přeložit některé aktivity do češtiny a zpřístupnit je tak i v rámci českého školství. K aktivitám bylo vytvořeno i hodnocení, díky kterému může učitel získat lepší přehled o tom, kterou aktivitu pro žáky zvolit.

Ačkoli bakalářská práce obsahovala v zásadě pouze dva druhy metod, rešerši a analýzu materiálů, pro přehlednost bylo vytvořeno schéma na Obr. 13 zachycující postup vypracovávání bakalářské práce. Nejprve byla provedena rešerše výzkumů animací a simulací obecně, ze které vyplynula kritéria, podle nichž byly hodnoceny vyhledané interaktivní simulace. Simulace byly zanalyzovány a zhodnoceny do souhrnné tabulky. Dále byl zkoumán projekt PhET a výzkumy, které se zabývají efektivitou těchto simulací na učení žáků a studentů. Z této rešerše opět částečně vyplynula hodnotící kritéria, tentokrát pro doplňující materiály k simulacím. Následně byla vybrána a popsána reprezentativní simulace (*Plyny úvod*), z doplňujících materiálů bylo vybráno šest, které byly přeloženy. Podle vytvořených kritérií, byly jednotlivé pracovní listy analyzovány a zhodnoceny.



Obrázek 13: Schéma zpracovávání bakalářské práce

3.1 Výzkumné metody

Na začátku byla v rámci teoretické části provedena rešerše výzkumů věnujících se tématu simulací a animací. Přitom bylo zkoumáno, zda a jaký přínos pro žáky tyto vizualizace mají. Dále se rešerše zaměřila přímo na výzkumy PhET simulací, konkrétně na jejich vliv na učení žáků základních, středních a vysokých škol. Kromě efektu se zkoumaly i možnosti implementace simulací do vyučování a využívání simulací učiteli.

Primárním zdrojem pro tuto práci byl web PhET (<https://phet.colorado.edu/>). Tato stránka obsahovala ke dni 14. 5. 2025 celkem 173 simulací pro přírodní vědy a matematiku a k většině simulací jsou dostupné i materiály (aktivity), které je doplňují. Na webu je dále možné nalézt tipy a workshopy pro učitele a výzkumy zabývající se PhET simulacemi a aktivitami. Součástí jsou i projekty, kterým se tým PhET věnuje. Webová stránka je podrobně popsána v teoretické části práce.

Ze všech simulací z oblasti chemie byla vybrána simulace *Plyny úvod*, jelikož se věnuje tématu na pomezí chemie a fyziky a zároveň proto, že toto téma bývá pro žáky náročné. Z toho důvodu byly pro překlad do češtiny použity pracovní listy právě k této simulaci, která chování plynů vizualizuje. Nejprve byla simulace v praktické části krátce popsána a představena, následně byly prostudovány přiložené materiály, které tvořilo ke dni 14. 5. 2025 celkem 33 aktivit. Většina z nich byly pracovní listy, ale nacházely se zde i kvízy, interaktivní demonstrace a série otázek k tématu.

Pro překlad byly zvoleny aktivity ve formě pracovních listů. Pracovní listy měly různou úroveň náročnosti, a proto byly kvůli jejich diferencování zvoleny tři pracovní listy pro žáky základních škol a tři pro žáky středních škol. Přeložené názvy pracovních listů s odkazem na originály jsou v Tabulce 2. Vybírány byly primárně pracovní listy dostupné v angličtině a jeden ve španělštině. Při překládání byla využita bezplatná verze programu DeepL a vzniklé pracovní listy jsou v přílohách této práce. Přeložené pracovní listy byly následně v kapitolách 5.4 a 5.5 jednotlivě zanalyzovány na základě rešerše dostupných výzkumů, a nakonec byly pro přehlednost vytvořeny tabulky shrnující jejich hodnocení v kapitole 5.6.

Tabulka 3: Originální pracovní listy k simulaci Plyny úvod

Název pracovního listu	Odkaz
Výbuch plynu	https://phet.colorado.edu/en/activities/7225
Simulace zákonů o plynech	https://phet.colorado.edu/en/activities/5280
PhET kinetická teorie plynů	https://phet.colorado.edu/en/activities/5365
PhET aktivita na zákony plynů	https://phet.colorado.edu/en/activities/7000
Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě?	https://phet.colorado.edu/en/activities/6386
Zkoumání chování plynů	https://phet.colorado.edu/en/activities/5380

Jelikož existuje větší množství simulací, bylo dalším cílem vyhledat zanalyzovat a zhodnotit jiné volně dostupné simulace k vybranému tématu. Vyhledávání bylo uskutečněno ve vyhledávači Google Chrome jednou zadáním hesla „gas laws simulations“ a podruhé „zákony plynů simulace. Simulace pak byly zanalyzovány a slovně zhodnoceny dle hodnotících kritérií Henychové (Obr. 1, (Henychová et al., 2023)). Hodnocení bylo nakonec shrnuto do tabulky v kapitole 3.

4 Praktická část

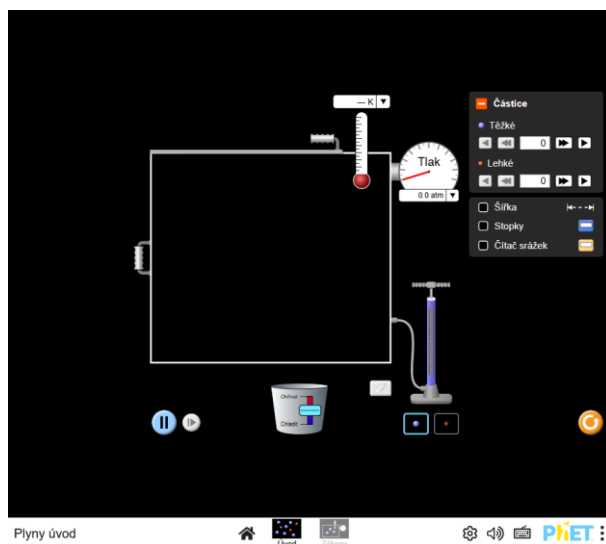
Pro účely této práce byla z celkového počtu 30 dostupných PhET simulací vztahujících se k chemii (část simulací se ovšem objevuje i v několika záložkách předmětů najednou) vybrána simulace *Plyny úvod*. Tento výběr byl motivován souvislostí s obecnou chemií a snahou vytvořit materiály, které by pomohly žákům k pochopení tématu plynů a zákonů s nimi souvisejících hravou formou a za využití interaktivních simulací. Podle výzkumů je totiž tato oblast chemie zabývající se zákony plynů pro žáky náročná k pochopení ve smyslu, že dokáží sice řešit rovnice a odhadnout chování plynu, ale nedokáží už vysvětlit jednotlivé pojmy a propojovat je. K pochopení mohou posloužit právě simulace, jejichž pozitivní efekt na žáky byl prokázán v řadě studií, které byly diskutovány výše. Žák by však k simulaci měl mít i určitou didaktickou podporu, která mu pomůže poznatky ukotvit, lépe propojit a zopakovat, což může být realizováno i skrze pracovní listy k dané simulaci (Correia et al., 2019). V následujících částech bude představena a popsána vybraná simulace, přeložené pracovní listy, které budou rozděleny na úroveň základní školy a úroveň střední školy a jejich zhodnocení.

4.1 Popis simulace Plyny úvod

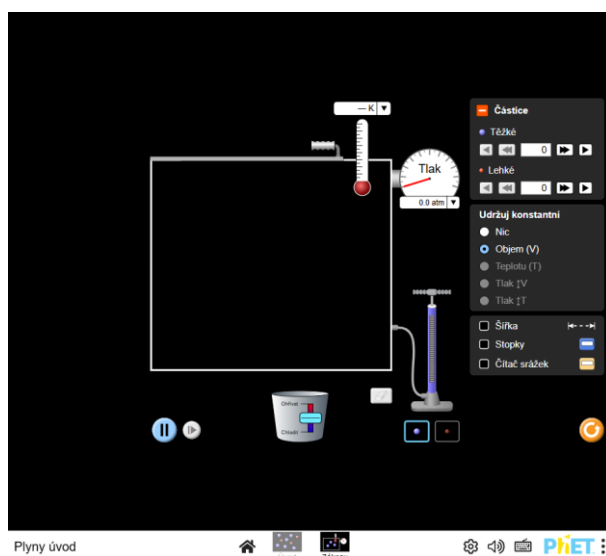
Při otevření okna simulace *Plyny úvod*² se otevře přehled simulace se šesti záložkami v horním horizontálním menu. První (O projektu) uvádí obecné informace k simulaci včetně témat, cílů nebo funkcí simulace, druhá (Podpora výuky) obsahuje nápovědu pro učitele. Třetí záložka (Aktivity) nabízí pracovní listy a další podpůrné materiály vytvořené uživateli simulace, čtvrtá záložka (Presets) dává možnost přednastavit a uložit si simulaci pro konkrétní účel ve výuce. Pátá záložka (Překlady) nabízí překlady simulace do různých jazyků a poslední záložka uvádí tvůrce simulace. Na této úvodní stránce je také možné simulaci stáhnout, upravit výšku a šířku okna nebo sdílet, v dolní části obrazovky jsou odkazy na PhET simulace s podobným obsahem.

Po otevření simulace se nabídnou dvě okna: Úvod a Zákony. Obsah oken se liší možností udržovat některé parametry v simulaci konstantní. Okno Úvod je vidět na Obrázku 1 a okno Zákony na Obrázku 2 (*Gases Intro*, b.r.).

² https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=cs



Obrázek 14 – Plyny úvod – Úvod (Plyny Úvod, 2025)



Obrázek 15 – Plyny úvod – Zákon (Plyny Úvod, 2025)

Simulace působí přehledně, je v ní možnost nastavit různé jednotky u tlaku (atm a kPa) a teploty ($^{\circ}\text{C}$ a K).

4.2 Pracovní listy

V záložce Activities/Aktivity je pro tuto konkrétní simulaci k dispozici 33 aktivit k datu 14. 5. 2025 většinou formou pracovních listů, a to převážně v anglickém jazyce, ale také ve španělštině, portugalštině a dalších jazycích. Výběr pracovních listů se dá filtrovat podle předmětu, do kterého dané téma spadá, stupně školy, druhu aktivity, uspořádání (pro celou třídu, malou skupinu, jednotlivce, jako domácí úkol a další), doby trvání, označením Gold Star nebo jazyka. Obsah pracovních listů se většinou zaměřuje na provedení experimentu za použití PhET simulace, záznam, analýzu a interpretaci získaných dat a formulaci zákonů plynů.

Pracovní listy lze zobrazit až po bezplatné registraci a přihlášení. Do té doby je přístupný pouze náhled.

4.3 Podmínky pro vznik pracovního listu pro PhET simulace

Tým PhET umožňuje zaregistrovaným uživatelům přidávat k simulacím volně přístupné aktivity formou sdílených souborů, prezentací, tabulek, grafů a dokumentů ke stažení. Tyto aktivity slouží jako doplněk k simulacím. Aby ale mohla nějaká aktivita být přidána na web, musí splňovat určitá stanovená kritéria.

Tvůrci rozdělili kritéria (*Kritéria*, 2025) na minimální a Gold Star. Každá přidaná aktivita musí vycházet z jedné nebo více simulací, měla by s nimi pracovat a využívat je při plnění jednotlivých úkolů aktivity jako hlavní zdroj dat. Aktivita by taktéž měla dbát na vědeckou a matematickou přesnost, aby mohla být kvalitním učebním nástrojem bez chyb a zavádějících informací. Každá nová aktivita by měla být jedinečná a originální. Jestliže vychází z již dříve vytvořené aktivity nebo je inspirovaná jinými zdroji, měl by u ní být uveden příslušný zdroj a jméno autora. Aktivita by měla splňovat podmínky k publikování uvedené v „hodnotící rubrice“, na kterou je na webové stránce odkaz. V této tabulce je hodnotící obsah rozdělen na tři oblasti, které lze hodnotit vždy třemi bodovými stupni (1, 3 a 5, v první části je navíc možnost Reject/Odmítnout a Need changes/Potřebují změny). Po sečtení bodů za jednotlivé oblasti a následném celkovém součtu je aktivitě přiřazeno jedno z hodnocení: Nepublikovatelné – Publikovatelné – Směřující ke Gold Star – Gold Star.

První oblast je elementární a hodnotí se využití PhET simulace v aktivitě, čitelnost, formátování, pravopisné chyby a překlepy, obsahová korektnost, přidaná hodnota, přiznání autorských práv a originalita. Navazující základní oblast hodnotí název aktivity a přiložených souborů, popis, výukové cíle, správné vyplnění zaškrťovacích políček při přidávání aktivity, příručka pro učitele, plán vyučovacích hodin a progresivní vývoj vědomostí žáků během aktivity.

Druhá oblast se týká aktivního učení, přičemž se zde hodnotí: práce s předchozími znalostmi žáků, spolupráce v rámci třídy, prostor pro zpětnou vazbu a syntéza, tedy závěrečná aktivita, kde si žák shrne poznatky, závěry a aplikace získané skrze simulaci.

Třetí oblast hodnotí strategii kladení otázek. Zaměřuje se na: otázky, které vychází z výsledků dosažených používáním simulace, otázky, které ke zodpovězení využívají tabulky a další vizuální prvky a otázky budující výzkumné kompetence.

Kritéria pro označení Gold Star v sobě zahrnují zařazení prvků aktivního učení a zkoumání do aktivity, využívání strategií, které vycházejí z virtuálních PhET workshopů, podpora rovnosti v účasti na tvorbě a využívání simulací podle DEIB principů nebo implementování metod učení na základě zkoumání matematických a přírodovědných principů. Aktivity by také měly svými otázkami vést žáka k diskutování nad problémem a ke zkoumání bez podrobnějších pokynů (*Activity Contribution Guidelines*, 2025).

V následující části práce budou vybrané pracovní listy krátce popsány a zhodnoceny na základě praktických kritérií, které by učitelům v českých školách mohly pomoci ve výběru vhodné aktivity. Zhodnocovala se například doba trvání, využití jiných aplikací nebo programů kromě simulace, množství obrázků a celkový design, zda je aktivita badatelsky koncipovaná a podobně. Rozepsané hodnocení je shrnuto v tabulce na konci zvlášť pro pracovní listy pro základní školu a zvlášť pro střední školu.

4.4 Pracovní listy pro základní školu

Pro základní školu byly vybrány následující pracovní listy (v závorce je vždy uveden překlad do češtiny):

- Explosión de gas – autor Rubén Perea Leyva (Výbuch plynu) – viz Příloha 1,
- Introduction to Gas Variables – Gas Law Simulation – autor Patrick Kalmi (Simulace zákonů o plynech) – viz Příloha 2,
- Kinetic Molecular Theory Intro – autor Andrea Kirk (Kinetická teorie plynů) – viz Příloha 3.

4.4.1 Výbuch plynu (*EXplosión de Gas*, 2023)

Tato aktivita (viz Příloha 1) je označena zlatou hvězdou (Gold Star), což znamená, že splňuje požadavky na podobu aktivit zmíněné výše (*Activity Contribution Guidelines*, 2025). Celý dokument začíná stanovením cíle výuky, což je popsat chování plynů při změně teploty. Následně jsou žáci vyzváni, aby si vyzkoušeli práci s apletem, na který je zde hypertextový odkaz a QR kód. Svá zjištění a zkušenosti mají diskutovat se spolužáky a zapsat do pracovního listu. Dále již začíná měření a zaznamenávání experimentálních hodnot do připravené tabulky, a to zvlášť pro těžký a zvlášť pro lehký plyn. Žáci mají také napsat příklady těžkých a lehkých plynů a jejich použití, aby měli představu, co si pod těmito označeními představit. Pak jsou zde otázky ohledně vlivu počtu částic na ostatní proměnné a rozdíl v chování a hodnotách mezi lehkým a těžkým plynem. Dále jsou zde otázky na vztahy mezi proměnnými, čímž si žáci uvědomí jejich provázanost a vliv jedné na druhou.

Poté je zde diskutováno nebezpečí vystavování nádob pod tlakem vysokým teplotám. Toto nebezpečí je zde předvedeno na videu. Žáci si mají tento výbuch vyzkoušet nasimulovat v apletu napumpováním částic plynu do komory a následným zahříváním až k výbuchu, při tom mají zaznamenávat hodnoty počtu částic a teplotu. Na konci jsou žáci vyzváni k tomu, aby napsali, jak pro ně tato aktivita byla přínosná.

Hodnocení

Aktivita je realizována formou pracovního listu o šesti stranách, ve kterém jsou instrukce a lze do něj také dopisovat odpovědi. Cílem aktivity má být přiblížení a porozumění tomu, proč je nebezpečné zahřívát aerosolové lahve pod tlakem. Nejprve se tedy shromáždí experimentální data, ta se vyhodnotí a propojí s příkladem z praxe. Časový odhad aktivity je v rozsahu asi jedné a půl vyučovací hodiny (60 minut). Pracovat mohou žáci individuálně, případně ve dvojicích.

Instrukce v pracovním listu nejsou příliš podrobné, spoléhá se zde spíše na intuitivní používání apletu žákem, případně lze využít pomoci od vyučujícího, pokud je aktivita realizována v hodině – to koresponduje s požadavky na tvorbu aktivit. Obrázků z apletu je zde méně a mají sloužit pouze k základnímu navedení žáků. Objevují se zde i dva obrázky pro pobavení, které jsou naprosto zbytečné a zabírají prakticky jednu celou stranu pracovního listu – v této práci byla ovšem zachována stejná struktura a obsah jako u originálu. Kdyby byly obrázky jen malé, daly by se využít k odlehčení v průběhu pracovního listu, ale takto je lepší je upravit, zmenšit či úplně odstranit. Po grafické stránce je list celkově zpracován hezky a přehledně, na zapisování odpovědí je zde dostatek místa.

Otázky jsou kladeny tak, že se na ně očekává odpověď v závislosti na pozorování experimentů, některé jsou zaměřeny na formulování závěru z prováděného experimentu a vyzkoumání řešení. Ve dvou otázkách je po žácích vyžadováno vyhledání odpovědi z jiných zdrojů. Aktivita neobsahuje vzorové řešení, ale je zde dokument s instrukcemi pro provedení.

4.4.2 Simulace zákonů o plynech (*Introduction to Gas Variables*, 2019)

Pracovní list (viz Příloha 2) je krátký o rozsahu pouze tří stran, dá se tedy stihnout jistě během jedné vyučovací hodiny, odhadovaná časová náročnost je 30 minut. Na začátku je krátký úvod do celé aktivity, poté již pokračují instrukce k používání apletu. Ve všech třech pokusech se udržuje konstantní počet částic a pak v každém pokusu navíc ještě jedna ze zbylých třech proměnných, zatímco dvě proměnné se mění. Žáci mají do pracovního listu zaznamenávat hodnoty proměnných, sledovat a napsat, jak se mění. Na konci jsou pak krátké shrnující

a opakující otázky, ve kterých si žáci mohou uvědomit, jaký vztah mají mezi sebou jednotlivé proměnné.

Hodnocení

Žáci mohou své odpovědi zapisovat přímo pod položené otázky v pracovním listu, což působí přehledně. Otázky jsou jednoduché, ptají se buď na aktuální hodnotu některé veličiny, nebo na to, co se stalo s jednou proměnnou při změně druhé. Odpovědi přitom vychází z přímého pozorování simulace. Na konci listu jsou pak tyto poznatky shrnuty.

Po vzhledové stránce je list hezky a jednoduše zpracován, je zde prostor na vepisování odpovědí i obrázky k pokynům. V listu jsou také pojmenované jednotky tlaku a teploty (atm a °C). Celkově je list přehledný, pokyny jsou srozumitelné a hodně podrobné i s obrázkovým doprovodem, což neumožňuje přílišné vlastní zkoumání ze strany žáků, jejichž práce spočívá v nastavování parametrů dle instrukcí a pozorování. S menší mírou vlastního bádání souvisí i úvodní text, kdy je zde uvedena spousta poznatků, na které by žáci mohli přijít sami během používání simulace.

Tato aktivita mohla být vhodná k úvodu do tématu chování plynů a pro další práci by se dala více rozšířit, nicméně takto se hodí do prostředí běžné základní školy pro demonstraci konkrétních vlastností ideálního plynu, které si žáci na simulaci sami vyzkouší. Pracovat na ní mohou samostatně i skupinově. Aktivita by šla použít i jako domácí úkol.

Aktivita neobsahuje vzorové řešení ani instrukce k realizaci v hodině.

4.4.3 PhET kinetická teorie plynů (Kirk, 2020)

Pracovní list (viz Příloha 3) je rozdělen na dvě části. V první části jsou pokyny k práci s apletem a otázky k pozorované situaci. Druhou část tvoří záznamový arch, kam se vepisují odpovědi. Ve druhé části jsou ještě na konci navíc závěrečné analyzující a upevňující otázky. Aktivita má celkem šest stran.

Na začátku má žák formulovat své předpoklady ohledně chování částic vzduchu v komoře bez předchozího pozorování a zkoumání. Dále jsou zkoumány těžší částice plynu při pokojové, zvýšené, snížené teplotě a absolutní nule. Pokyny k provedení experimentů jsou jasně dané v první instruktážní části, žák si během experimentu zaznamenává zmíněná data do tabulky v odpovědním archu a pozoruje celý experiment na základě pokládaných otázek. Obdobně jsou zkoumány i lehčí částice plynu.

Do odpovědního archu žák zapisuje své předpoklady a odpovědi na otázky do předpřipravených polí. Je zde také tabulka, kam žák doplňuje data získaná z experimentů.

Poslední část ANALÝZA je nejobsáhlejší. Žák zde například objevuje, co jsou konstanty, závisle a nezávisle proměnné, kreslí rozdílný pohyb částic při různých teplotách, hledá vztahy mezi jednotlivými veličinami, porovnává chování těžších a lehčích částic, diskutuje téma absolutní nuly, a nakonec se věnuje souvislosti kinetické energie s pohybem částic a teplotou.

Hodnocení

Jednotlivé části pracovního listu jsou přehledně strukturované, jen rozdělení na část pokynů a část odpovědí může být matoucí tím, že mezi pokyny jsou vloženy otázky, které se ale zodpovídají na jiném listu. Na druhou stranu odpovědní část může posloužit místo zápisu v sešitě (část pokynů, kde se popisuje, jak nastavit jednotlivé parametry není pro pochopení zákonů plynů důležitá). Podrobné instrukce nicméně nedávají žákům příležitost k samotnému bádání a objevování. Odpovědní list je přehledně strukturovaný a uzpůsobený pro vepisování odpovědí. K přehlednosti přispívá i zdůraznění důležitých informací a pokynů tučným písmem, podtržením nebo hůlkovým písmem.

Závěrečné shrnující otázky opakují, upevňují a prohlubují získané znalosti o chování plynů, avšak je jich poměrně hodně. Proto by nejspíš bylo nejlepší rozdělit aktivitu na dvě vyučovací hodiny, kdy v první proběhnou experimenty a záznam získaných dat a ve druhé opakování a zodpovídání otázek nebo aktivitu použít v rámci dvouhodinové laboratorní práce. Aktivita je navrhována na 90 minut.

Na některé otázky se očekávají delší odpovědi, ve kterých je potřeba něco vysvětlit nebo popsat, v jednom úkolu se kreslí. Takové otázky jsou samozřejmě náročnější, a proto by mohlo být užitečné, kdyby měli žáci možnost pracovat ve dvojicích nebo menších skupinách. Díky tomu nicméně aktivita postihuje velkou část důležitých vlastností plynů, které žáci objevují na základě analýzy dat získaných z vlastní tabulky. Pracovní list vůbec nepracuje s objemem, naopak se list hodně a důkladně věnuje vlivu teploty na chování plynu a zmiňuje také téma absolutní nuly.

V celém listu nejsou žádné obrázky. Vzhledem k využití na základní škole by bylo užitečné pro lepší orientaci žáků v apletu a také vizuální přívětivost, kdyby se pracovní list neskládal pouze z textu, nýbrž použít i snímky obrazovky z apletu. Do prostředí základní školy je také dobré ilustrovat viděnou skutečnost na příkladu z běžného života, což zde úplně chybí a bylo by

možná dobré aktivitu zkrátit a některé otázky úplně vynechat (tvůrce totiž uvádí, že lze aktivitu využít od základní školy po univerzitu).

Vzorové řešení ani pokyny k provedení této aktivita neobsahuje.

4.5 Pracovní listy pro střední školu

Pro střední školu byly vybrány následující pracovní listy (v závorce je vždy uveden překlad do češtiny):

- Exploring the behavior of Gases – autor Suchetha Srikanthan podle listu od uživatele Patrick Kalmi (Zkoumání chování plynů) – viz Příloha 4,
- Gas Behavior – How do gas particles behave in a closed container? – autor Astrid Helfant (Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě?) – viz Příloha 5
- Using the Gases Intro PhET Simulation: Concept Development for Understanding Gas Laws and the Variable Changes Associated with Them – Gas Laws PhET Activity – autoři Jack Eichler a Courtney Murphy (PhET aktivita na zákony plynů) – viz Příloha 8.

4.5.1 PhET aktivita na zákony plynů (*Using the Gases Intro PhET Simulation: Concept Development for Understanding Gas Laws and the Variable Changes Associated with Them*, 2024)

První strana celého dokumentu o 12 stranách je úvodní a podává základní informace k celé aktivitě. Jsou zde uvedeny výukové cíle aktivity, typ, forma, autoři, klíčová slova a další. Na další úvodní straně jsou uvedeny pokyny pro vyučující včetně popisu zařazení a využití v kurzu obecné chemie na univerzitě v Kalifornii, kde byl tento pracovní list vytvořen. Uvádí se zde předpokládané vstupní znalosti, poznámky k provedení a vyhodnocení výsledků studentů. Je zde také vložen odkaz na příslušnou simulaci.

Následuje samotný pracovní list o počtu sedmi stran (viz Příloha 4). Práce probíhá v simulaci Plyny úvod v okně Zákony za pozorování šesti experimentů. U experimentů jsou vždy uvedeny podrobné pokyny, obrázek, jak by situace v apletu měla asi vypadat, a otázky k pozorovanému ději. Otázky jsou většinou zaměřené na pozorování vztahu mezi dvěma veličinami a popis pozorovaného děje. Součástí je také kreslení obrázku celé situace se stěžejními skutečnostmi. Po posledním experimentu následují otázky na závěr, ve kterých si student zopakuje a utřídí všechny vztahy mezi veličinami, které v experimentech zkoumal.

Na třech posledních stránkách jsou ke všem položeným otázkám napsány předpokládané odpovědi studentů i s nakreslenými obrázky.

Hodnocení

Pracovní list je uzpůsoben spíše jako návod k práci (výzkumu), jelikož v něm není dostatek místa na vepisování odpovědí, které je potřeba psát a kreslit mimo. Tomuto odpovídá i celkový jednoduchý vzhled listu, kdy pokyny a otázky následují jedna za druhou a pracovní list tak může působit dlouze a občas trochu nepřehledně. Nicméně je potřeba pamatovat na to, že list byl původně vytvořen pro univerzitní studenty a tomu odpovídá i méně propracovaný design. Pro použití na střední škole (pro kterou je podle webu PhET také zamýšlen) by bylo však dobré zapracovat na úhlednější vzhledové stránce listu, aby byl přehlednější a odpovědi se do něj daly vepisovat. Pokyny jsou nicméně jasně dané, ke každému experimentu je doplněn návodný obrázek, což ovšem příliš neodpovídá badatelskému způsobu učení. Otázky jsou zaměřeny na pozorování vztahů mezi jednotlivými veličinami a speciálně na pochopení toho, jakým směrem (zvyšuje se nebo se snižuje) se mění jedna veličina, když se druhá snižuje či zvyšuje druhou. Odpověď má tedy vycházet z pozorování experimentu. Zákony plynů nejsou v pracovním listu samotně komentované, ale student si na ně přichází sám během aktivity a zodpovídáním otázek.

Cenné jsou úvodní pokyny a poznámky pro vyučujícího, které svědčí o snaze o didaktickou propracovanost listu. Je doporučeno, aby studenti pracovali ve skupinách o dvou až třech lidech, aktivita se proto hodí do klasické vyučovací hodiny jako skupinová práce nebo jako forma laboratorní práce. Pro vyučujícího jsou užitečné také předpokládané odpovědi studentů, podle kterých může úkoly snáze opravovat. Tyto předpokládané odpovědi byly taktéž přeloženy do češtiny. Aktivita je odhadována na 60 minut.

V tomto listu je zároveň správně a explicitně zdůrazněno, že se zvětšující se šířkou komory roste objem, ale že šířku komory (v jednotkách nm) nelze považovat za objem, což se v některých zkoumaných pracovních listech objevovalo chybně.

4.5.2 Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě? (*Gas Behavior*, 2025)

Na začátku pracovního listu (viz Příloha 5) je úvodní motivace, která obsahuje anotace k podcastům nebo videím zabývajících se tématem plynů. U jednoho videa je i hypertextový odkaz. Tyto anotace jsou zde jen uvedené, nejsou blíže popisované, vysvětlované nebo explicitně uvedené do kontextu. Po nich následuje odkaz na PhET simulaci, přičemž po zvolení aktivity „Úvod“ je úkolem žáků prozkoumat aplet, sledovat vztahy mezi proměnnými a zapsat svá pozorování.

Poté se přejde na aktivitu „Zákony“ a úkolem je na základě stanovených kritérií a pokynů zaznamenat data ze simulace a vytvořit grafy v Google Tabulkách, přičemž na otázky, které jsou uvedeny dále, se má odpovídat podle „Formátu zdůvodňování důkazů tvrzení“ CER (z angličtiny Claim-Evidence-Reasoning). Toto je v krátkosti vysvětleno na obrázku v pracovním listu. Pro zopakování a připomenutí významu grafů funkcí je dále přiložen odkaz, přes který se lze dostat do sdíleného dokumentu, který se tématu funkcí věnuje. Tento dokument byl taktéž přeložen do češtiny (viz Příloha 7) a je v něm uveden souhrn nejdůležitějších nejjednodušších funkcí s informacemi o nich a na konci je možnost procvičování na jednoduchých příkladech.

Dále již následuje série tří otázek týkající se vztahů mezi jednotlivými veličinami, ve kterých se postupně uvažuje vždy jedna z veličin jako konstantní a tyto otázky mají být zodpovězeny opět podle formátu CER, přičemž je zde i výzva k vložení odkazu na příslušné vytvořené grafy. K otázkám jsou připojeny krátké animace – i proto je lepší mít pracovní list v elektronické formě a pracovat s ním tak. Dále je položen dotaz ohledně chování tlaku okolo nulového objemu. Na konci je pak výzva ke vložení jednoho ze tří CER tvrzení do aplikace Google Keep, přičemž do pracovního listu má být vložen snímek obrazovky z této aplikace, což pro běžné uspořádání ve třídě není nutné.

Hodnocení

Pracovní list je vhodný k práci na počítači/tabletu, kdy žáci mohou dopisovat a vkládat grafy přímo do určených polí. Zúročuje a doplňuje znalosti z matematiky konkrétně z tématu o funkcích a jejich grafech. Pro úplnost je zde vložen i odkaz na sdílený dokument (Přehled funkcí – Matematika PL, viz Příloha 7), který se tomuto tématu v krátkosti věnuje a procvičuje jej, pokud má žák zájem. Otázky jsou položeny jednoduše, cílem je patrně naučit žáky vyslovovat tvrzení na základě pozorování a ta následně umět dokázat a odůvodnit. Metoda CER je v pracovním listu vysvětlena jen v krátkosti, lepší by bylo uvést zde konkrétnější vysvětlení, případně by měl doplnit podstatu této metody během výkladu učitel ve vyučovací hodině. Samotné PhET simulace zde nejsou podrobněji komentovány, práce a seznámení s nimi je přenechána více na žákovi, což umožňuje větší svobodu ve vlastním bádání. Na webu PhET je k pracovnímu listu přiloženo i vzorové řešení, které bylo také přeloženo do češtiny. Aktivita je odhadována na 60 minut, ale pravděpodobně zabere více času. Dokument má celkem devět stran.

Pokud žáci nejsou zvyklí pracovat s grafy v Google Tabulkách nebo jiné aplikaci, bude pro ně jistě náročnější tyto grafy zkonstruovat a proložit regresní rovnicí. V tomto by jim měl pomoci

vyučující, případně je ještě před aktivitou na toto připravit. Aktivita může být i proto pro některé žáky náročnější a komplikovaná, na druhou stranu rozvíjí digitální kompetence.

4.5.3 Zkoumání chování plynů (*Exploring the Behavior of Gases*, 2020)

Pracovní list o pěti stranách (viz Příloha 8) se skládá ze dvou částí, ve kterých se žáci seznamují s apletem a chováním mezi jednotlivými veličinami, které jsou v nich reprezentovány. V první části se pracuje s variantou Úvod, kdy je cílem řízeně prozkoumat vztah mezi počtem částic v komoře a tlakem. Součástí je vyplnění přichystané tabulky experimentálními hodnotami a načrtnutí grafu. Žák si tak může procvičit zaznamenávání naměřených hodnot do grafu, přímo vidí, jaká je mezi nimi závislost a dokáže tak i některé vlastnosti plynu předpokládat. K vytvoření grafu není potřeba žádný jiný program, nicméně určitě jej lze pro tvorbu grafu využít.

Ve druhé části se postupně zkoumají veličiny: tlak, objem a teplota za udržování konstantního počtu částic, přičemž cílem je uvědomit si vztahy mezi nimi. Jednotlivé kroky experimentů jsou podrobně popisovány, aby žák věděl, co přesně má dělat, není zde tedy prostor pro samostatné bádání. Postup je doplněn obrázky, které mohou pomoci k zorientování se v apletu. Experimenty dále provází návodné otázky, aby žák věděl, na co se má soustředit a co má pozorovat. U každého experimentu je tabulka, do které je možné zaznamenat experimentální data, následně se má načrtnout graf a popsat příslušný vztah. Je zde také otázka na to, které veličiny jsou konstantní, které závislé a nezávislé.

Po těchto třech experimentech následuje závěrečná analýza a souhrn zjištěných poznatků z jednotlivých experimentů. Po žácích je zde požadováno vysvětlení a uvedení příkladu daného jevu z běžného života.

Hodnocení

Ke splnění aktivity je zapotřebí aplet, nicméně jednotlivé úkoly lze zpracovávat do vytištěného pracovního listu včetně tabulek a grafů. List je k tomuto účelu dobře přizpůsoben, na vepisování odpovědí je zde dostatek místa. Pokyny jsou většinou jasné dané a přehledné i s obrázky navíc jsou doplněny o otázky, díky kterým žák ví, na co se má při pozorování v apletu soustředit. Užitečná je možnost dopisování experimentálních dat do připravené tabulky a z ní načrtnutí grafu. Při tom si žák procvičí kreslení grafů a orientaci v nich. Ve druhé části jsou pokyny a otázky kladeny podobně, není zde ovšem vysvětleno, co znamená, že proměnná je závislá a nezávislá, tudíž toto je na vysvětlení od vyučujícího.

Otázky jsou většinou kladeny tak, aby žáci na ně mohli odpovědět jednoznačně na základě vlastního pozorování. Na otázky ohledně vztahů mezi veličinami mohou být odpovědi různě podané a budou nejspíš i delší. Odpověď je nicméně prakticky vždy popisem viděné situace a pozorované závislosti. Závěrečné otázky jsou již složitější a žák si při nich musí propojit získané poznatky mezi sebou, uvědomit si jejich příčiny a zamyslet se nad tím, jak se tyto jevy projevují v našem běžném životě. Toto může být však velmi přínosné k pochopení užitečnosti probíraného tématu.

Délka aktivity je odhadována na 60 minut a pracovat mohou žáci jak jednotlivě, tak ve skupinách. Aktivitu lze zařadit jak do klasické vyučovací hodiny, tak i jako laboratorní úlohu nebo domácí úkol.

4.6 Diskuze

Pro přehlednost byly vytvořeny následující dvě tabulky (Tabulka 4 a Tabulka 5), které shrnují popisy a hodnocení pracovních listů pro základní a střední školu. Časová náročnost byla převzata z webové stránky PhET, odkud byly aktivity staženy, počet stran odpovídá délce pracovního listu, se kterým budou žáci a studenti pracovat. Pokyny pro učitele a vzorové řešení jsou někde součástí jednoho dokumentu i se samotným pracovním listem, jinde jako samostatný dokument. Jako badatelská výuka je označována aktivita, ve které nejsou explicitně a podrobně popsány instrukce, jak se simulací zacházet a žák má tak možnost simulaci samostatně zkoumat a objevovat zákonitosti, které má simulace znázorňovat. Otázkami před simulací jsou míněny otázky na to, jaké chování plynů žáci předpokládají na základě vlastních zkušeností a znalostí. Závěrečný souhrn by měl opakovat, shrnovat nebo nějak komentovat získané výsledky z aktivity a měl by prezentovat to, co si žáci mají z aktivity odnést. Prostor pro zápis odpovědí je dán strukturou listu a možností použít jej v tištěné podobě pro dopisování odpovědí, například do rámečků, tabulek nebo volného prostoru pod otázkou. Práci s jinými zdroji a aplikacemi je myšleno dohledávání informací na internetu či jinde, využití videa nebo například Google Tabulek pro tvorbu grafů a zaznamenávání dat.

Většina vybraných pracovních listů je příliš dlouhá na to, aby je bylo možné použít v rámci jedné vyučovací hodiny. Bylo by potřeba je rozdělit do více hodin nebo vypracovávat formou dvouhodinové laboratorní práce. V rámci jedné vyučovací hodiny je možné použít pracovní list Simulace zákonů o plynech (viz Příloha 2) pro základní školu. Pokyny pro učitele obsahují pracovní listy Výbuch plynu (viz Příloha 1) a PhET aktivita na zákony plynů (viz Příloha 4). Vzorové řešení je uvedeno pouze u PhET aktivity na zákony plynů (viz Příloha 4) a u aktivity

Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě? (viz Příloha 5). U tohoto pracovního listu lze ocenit i přehled matematických funkcí a práci s programy pro záznam dat a tvorbu grafů. Prakticky všechny pracovní listy ale zahrnují závěrečné shrnutí a je v nich prostor pro zápis odpovědí.

Dle zkoumaných zdrojů mají na učení žáků pozitivní vliv ty pracovní listy, které jim umožňují badatelsky zkoumat simulaci, kladou jim k tomu návodné otázky, a ne striktní instrukce. Překvapivě pouze dva pracovní listy by bylo možné charakterizovat jako badatelské. Toto je však dáno pouze předcházející teoretickou rešerší. Lepší by bylo zkoumat přínosnost pracovních listů přímo ve vyučovacích hodinách a ideálně i v delším časovém horizontu. K pracovním listům, které nemají vzorové řešení, mohlo být vzorové řešení vytvořeno, nicméně cílem práce byl pouze překlad a zhodnocení pracovních listů.

Tabulka 4: Souhrn hodnocení pracovních listů pro ZŠ

Kritérium	Výbuch plynu	Simulace zákonů o plynech	PhET kinetická teorie plynů
Časová náročnost	60 minut	30 minut	90 minut
Počet stran	6	3	6
Pokyny pro učitele	ano	ne	ne
Vzorové řešení	ne	ne	ne
Badatelská výuka	ano	ne	ne
Otázky před simulací	ne	ne	ano
Závěrečný souhrn pozorování	ano	ano	ano
Prostor k zápisu odpovědí	ano	ano	ano
Práce s jinými zdroji a aplikacemi	ano	ne	ne nutně

Tabulka 5: Souhrn hodnocení pracovních listů pro SŠ

Kritérium	PhET aktivita na zákony plynů	Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě?	Zkoumání chování plynů
Časová náročnost	60 minut	90 minut	60 minut
Počet stran	7	9	5
Pokyny pro učitele	ano	ne	ne
Vzorové řešení	ano	ano	ne
Badatelská výuka	ne	ano	ne
Otázky před simulací	ne	ne	ne
Závěrečný souhrn pozorování	ano	částečně	ano
Prostor k zápisu odpovědí	ne	ano	ano
Práce s jinými zdroji a aplikacemi	ne	ano	ne

4.7 Limity bakalářské práce

Všech šest pracovních listů je přeloženo bez zásahu do zadání, dokonce i bez sjednocování formátování, a tak mohou přílohy – přeložené pracovní listy – působit nejednotně. Některé otázky či zadání úkolů by mohly být upraveny, aby více odpovídaly kritériím PhET, některé úlohy obsahují dokonce formulace, které jsou mírně zavádějící. Po diskuzi jsme však ponechali pracovní listy v jejich původním zadání, aby byla zachována autenticita. Byla zvolena jednoduchá hodnotící kritéria pracovních listů (ano/ne), která by bylo pro komplexnější výzkumné účely vhodné rozpracovat do sofistikovanější formy, například s využitím hodnotící Likertovy škály.

5 Závěr

Interaktivní simulace mají za cíl vizualizovat žákům jevy, které jsou okem neviditelné a zároveň přiblížit fenomény, které pro ně mohou být těžko pochopitelné. Tím, že jsou interaktivní, mohou s nimi žáci manipulovat, nastavovat a měnit různé parametry, sledovat, co se v simulaci děje a na základě toho vyvozovat závěry. Jak ukazují výzkumy, žáci tím získají zkušenost s ovládáním simulace, což je pro ně jiná než tradiční forma učení a lépe si pak danou věc zapamatují.

Z rešerše výzkumů zabývajících se interaktivními simulacemi vyplynulo, že mohou být vhodným a efektivním nástrojem k doplnění výuky za podpory kvalitních materiálů, například ve formě pracovních listů. V této práci byly blíže zkoumány konkrétně PhET interaktivní simulace (<https://phet.colorado.edu/>), které nabízejí širokou škálu simulací, doplňujících materiálů a tipů pro učitele. Materiály jsou přitom dostupné převážně v angličtině. Rešerše vybraných dostupných zdrojů k efektivitě PhET simulací na učení žáků ukázala, že skutečně pomáhají žákům s pochopením učiva, k čemuž je vedou badatelskou formou. Je také možné je do výuky implementovat různými způsoby, např. formou laboratorní práce, demonstračního experimentu nebo primárního zdroje poznatků za využití pracovních listů.

Jedním z cílů této práce bylo vybrat materiály ke zvolené simulaci a ty přeložit do češtiny. Vybrána byla simulace *Plyny úvod*, jelikož téma vlastnosti plynů se pohybuje na pomezí chemie a fyziky a také proto, že bývá pro žáky obtížné. Simulace byla popsána a z dostupných materiálů bylo pro překlad vybráno šest pracovních listů (tři pro základní a tři pro střední školu). Přeložené pracovní listy byly dále slovně zhodnoceny, a nakonec byla pro přehlednost vytvořena tabulka se základními kritérii pracovního listu. Kritéria byla vybrána na základě rešerše výzkumů, kritérií pro vznik PhET pracovních listů a na základě praktických informací, které by mohly být učitelům při výběru pracovních listů užitečné. Kritérium badatelské výuky přitom překvapivě splnily pouze dva pracovní listy, ačkoliv PhET si na badatelské výuce zakládá. Pracovní listy jsou v přílohách této práce, zatímco tabulka s kritérii je v textu praktické části práce.

Jelikož PhET nejsou jediné volně dostupné simulace, bylo dalším cílem práce vyhledat, popsat a zhodnotit další interaktivní simulace k tématu zákonů plynů. Tímto bylo nalezeno

jedenáct interaktivních simulací, z nichž jedna byla v českém jazyce, ostatní v angličtině. Simulace byly popsány na základě kritérií pro hodnocení simulací z jiné odborné práce. Souhrn byl opět součástí tabulky.

Vypracovaná bakalářská práce nabízí několik dalších cest, které by rozvíjely či navazovaly předkládané výsledky. Bylo by možné vytvořit originální pracovní listy v češtině vypracované na základě kritérií pro tvorbu pracovních listů na webu PhET, a to buď ke stejné simulaci, případně k některé další. Dále by bylo možné otestovat přeložené a případné nové pracovní listy ve výuce chemie či fyziky na ZŠ a SŠ, přičemž by se zkoumalo porozumění žáků dané problematice, jejich pohled na pracovní listy a simulace. Vzhledem k počtu interaktivních simulací je toto téma v českém prostředí absolutně nevyčerpané a žádá si bližšího zkoumání.

7 Seznam informačních zdrojů

- About Phet.* (2025). PhET [Online] 13. 4. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/about>
- Activity Contribution Guidelines.* (2025). PhET [Online] 13. 4. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/activities/contribution-guidelines>
- Andrlíková, V. (2021). *Aktivizační metody ve výuce chemie s podporou mobilních aplikací.* <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/128353>
- Ben Ouahi, M., Lamri, D., Hassouni, T., & Al Ibrahmi, E. M. (2022). Science Teachers' Views on the Use and Effectiveness of Interactive Simulations in Science Teaching and Learning. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INSTRUCTION*, 15(1), 277–292. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15116a>
- Carl Wieman: Why I Donated to PhET.* (2012, prosinec 20). [Video recording]. YouTube [online] 13. 4. 2025. <https://www.youtube.com/watch?v=N17IM7LspU8>
- Carpenter, Y., Moore, E. B., & Perkins, K. K. (2016). ConfChem Conference on Interactive Visualizations for Chemistry Teaching and Learning: Using an Interactive Simulation To Support Development of Expert Practices for Balancing Chemical Equations. *JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION*, 93(6), 1150–1151. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00546>
- Classroom Resources | Gas Laws Simulation.* (2025). AACT [Online] 5. 5. 2025. <https://teachchemistry.org/classroom-resources/the-gas-laws-simulation>
- Correia, A.-P., Koehler, N., Thompson, A., & Phye, G. (2019). The application of PhET simulation to teach gas behavior on the submicroscopic level: Secondary school students' perceptions. *RESEARCH IN SCIENCE & TECHNOLOGICAL EDUCATION*, 37(2), 193–217. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1487834>

- D'Angelo, Cynthia., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., & Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis*. CA: SRI International.
https://www.researchgate.net/publication/291741577_Systematic_review_and_meta-analysis_of_STEM_simulations
- Diab, H., Daher, W., Rayan, B., Issa, N., & Rayan, A. (2024). Transforming Science Education in Elementary Schools: The Power of PhET Simulations in Enhancing Student Learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(11), Article 11.
<https://doi.org/10.3390/mti8110105>
- Duffy, A. (2018). *P-V diagram*. Physics [online] 5. 5. 2025.
https://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/PV_diagram.html
- Exploring the Behavior of Gases*. (2020). PhET [Online] 13. 5. 2025.
<https://phet.colorado.edu/en/activities/5380>
- EXplosión de gas*. (2023). PhET [Online] 13. 5. 2025.
<https://phet.colorado.edu/en/activities/7225>
- Fendt, W. (2020). *Děje s ideálním plynem*. Homepage Walter Fendt [online] 5. 5. 2025.
https://www.walter-fendt.de/html5/phcz/gasprocesses_cz.htm
- Gas Behavior*. (2025). PhET [Online] 13. 5. 2025.
<https://phet.colorado.edu/en/activities/6386>
- Gas in Various Condition—Javalab*. (b.r.). Javalab – Science Simulations [online] 5. 5. 2025. Získáno 5. květen 2025, z https://javalab.org/en/gas_in_various_condition_en/
- Gas Law Simulator*. (b.r.). Získáno 5. květen 2025, z <https://ch301.cm.utexas.edu/simulations/js/idealgaslaw/>

- Gas Laws*. (2025). STEM Resource Finder [Online] 5. 5. 2025.
<https://learn.concord.org/resources/129>
- Gases Intro*. (b.r.). PhET [Online]. Získáno 16. duben 2025, z
<https://phet.colorado.edu/en/simulations/gases-intro>
- GasSim—A gas law simulation app from ScienceBySimulation*. (2017). Science By Simulation [online] 5. 5. 2025.
<https://www.sciencebysimulation.com/gassim/Simulator.aspx>
- Guerrero-Julio, M. L., Ayala-Moreno, J. B., & Agudelo-Velasquez, O. L. (2024). Problem-Based Learning Mediated with Simulators for The Development of Competencies in Secondary School Students. *ACADEMIA Y VIRTUALIDAD*, 17(1).
<https://doi.org/10.18359/ravi.6807>
- Guttenplan, D. d. (2011, prosinec 11). Web Tutors Become Stars Far From Classroom. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2011/12/12/world/americas/12iht-educLede12.html>
- Hana Henychová, V. M., Henychová, H., & Machková, V. (2023). Počítačové animace a simulace elektrolýzy a galvanického článku jako prostředek podpory názornosti ve výuce chemie na střední škole. *Biologie-Chemie-Zeměpis*, 32(2), 2–11.
<https://doi.org/10.14712/25337556.2023.2.1>
- Chamberlain, J. M., Lancaster, K., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). How guidance affects student engagement with an interactive simulation. *CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE*, 15(4), 628–638.
<https://doi.org/10.1039/c4rp00009a>

- Chemistry Simulation: Ideal Gas Behavior.* (2025). The Physics Classroom [online] 5. 5. 2025. <https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Chemistry/Ideal-Gas-Behavior/Interactive>
- Ideal Gas Law.* (b.r.). LearnChemE [Online]. Získáno 5. květen 2025, z <https://learncheme.com/simulations/thermodynamics/thermo-1/ideal-gas-law/>
- Interactive Gas Law Simulator.* (b.r.). Punya Mishra's Web [online] 5. 5. 2025. Získáno 5. květen 2025, z <https://punyamishra.com/ai-sims/gas-laws2/>
- Introduction to Gas Variables.* (2019). PhET [Online] 13. 5. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/activities/5280>
- Kirk. (2020). *Kinetic Molecular Theory Intro.* PhET [Online] 13. 5. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/activities/5365>
- Kritéria.* (2025). PhET [Online] 16. 4. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/activities/contribution-guidelines>
- Mera, G. C., & Benarroch, A. B. (2024). Virtual Laboratories for Science Education: A Systematic Review. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 42(2). <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6040>
- Michaela Pavlíková, V. M., Pavlíková, M., & Machková, V. (2022). MOBILNÍ APLIKACE JAKO PROSTŘEDEK PODPORY VÝUKY O STAVBĚ ATOMU. *Biologie-Chemie-Zeměpis*, 31(2), 2–14. <https://doi.org/10.14712/25337556.2022.2.1>
- Moore, E. B., Herzog, T. A., & Perkins, K. K. (2013). Interactive simulations as implicit support for guided-inquiry. *CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE*, 14(3), 257–268. <https://doi.org/10.1039/c3rp20157k>

- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). PhET Interactive Simulations: Transformative Tools for Teaching Chemistry. *JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION*, 91(8), 1191–1197. <https://doi.org/10.1021/ed4005084>
- Ndagijimana, J.-B., Musengimana, J., Mushimiyimana, H., Mukama, E., Habimana, O., Manirakiza, P., Dushimimana, J. C., Munyaruhengeri, J. P. A., Khan, S., & Lakin, E. (2025). Contribution of an instructional module incorporating PhET simulations to Rwandan students' knowledge of chemical reactions, acids, and bases through social interactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 26(1), 289–299. <https://doi.org/10.1039/D4RP00105B>
- Newitt, B. (2016, prosinec 28). *Ideal Gas Laws*. GeoGebra [Online] 5. 5. 2025. <https://www.geogebra.org/m/YzwWBYP3>
- PhET: Research and Development*. (2013, leden 13). [Video recording]. YouTube [online] 13. 4. 2025. <https://www.youtube.com/watch?v=qdeHagIeyrc>
- PhET Studio*. (2025). PhET [Online] 16. 4. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/studio/overview>
- PhET Virtual Workshop for Teachers*. (2025). PhET [Online] 16. 4. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/teaching-resources/virtual-workshop//>
- Plyny úvod*. (2025). PhET [Online] 14. 5. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/gases-intro?locale=cs>
- Price, A. M., Perkins, K. K., Holmes, N. G., & Wieman, C. E. (2019). How and why do high school teachers use PhET interactive simulations? In A. Traxler, Y. Cao, & S. Wolf (Ed.), *2018 PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE (PERC)*. Amer Assoc Physics Teachers.

- Rutten, N., van Joolingen, W., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *ResearchGate*, 58, 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337–1370. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>
- Supporters. (2025). PhET [Online] 13. 4. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/our-supporters>
- The Founding of PhET. (2012, prosinec 14). [Video recording]. YouTube [online] 13. 4. 2025. <https://www.youtube.com/watch?v=vjFQj7xgB34>
- Tips for Using PhET. (2025). PhET [Online] 16. 4. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/teaching-resources/tipsForUsingPhet>
- Titulní stránka PhET. (2025). PhET [online] 26. 3. 2025. <https://phet.colorado.edu/cs/>
- Using the Gases Intro PhET Simulation: Concept Development for Understanding Gas Laws and the Variable Changes Associated with Them. (2024). PhET [Online] 13. 5. 2025. <https://phet.colorado.edu/en/activities/7000>
- What is PhET? (2018). [Video recording]. YouTube [online] 13. 4. 2025. <https://www.youtube.com/watch?v=OjZ6qvi21Qo>

8 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Tabulka pro hodnocení interaktivních simulací

Obrázek 2 – Děje s ideálním plynem

Obrázek 3 – Gas Laws Simulation

Obrázek 4 – Ideal Gas Law

Obrázek 5 – Gas Law Simulator

Obrázek 6 – p - V diagram

Obrázek 7 – Ideal Gas Laws

Obrázek 8 – Interactive Gas Law Simulator

Obrázek 9 – Chemistry Simulation: Ideal Gas Behavior

Obrázek 10 – Gas in Various Condition

Obrázek 11 – GasSim

Obrázek 12 – Gas Laws

Obrázek 13 – Schéma zpracovávání bakalářské práce

Obrázek 14 – Plyny úvod – Úvod

Obrázek 15 – Plyny úvod – Zákony

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Volně dostupné simulace na zákony o plynech

Tabulka 2 – Celkové zhodnocení simulací k chování plynů

Tabulka 3 – Originální pracovní listy k simulaci Plyny úvod

Tabulka 4 – Souhrn hodnocení pracovních listů pro ZŠ

Tabulka 5 – Souhrn hodnocení pracovních listů pro SŠ

10 Seznam příloh

Příloha 1 – Výbuch plynu (ZŠ)

Příloha 2 – Simulace zákonů o plynech (ZŠ)

Příloha 3 – PhET kinetická teorie plynů (ZŠ, SŠ, U)

Příloha 4 – PhET aktivita na zákony plynů (SŠ, U)

Příloha 5 – Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě? (SŠ, U)

Příloha 6 – KLÍČ Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě? (SŠ, U)

Příloha 7 – Přehled funkcí – Matematika PL

Příloha 8 – Zkoumání chování plynů (SŠ)

Příloha 1

Výbuch plynu¹



Jméno: _____

Skupina: _____ Datum: _____

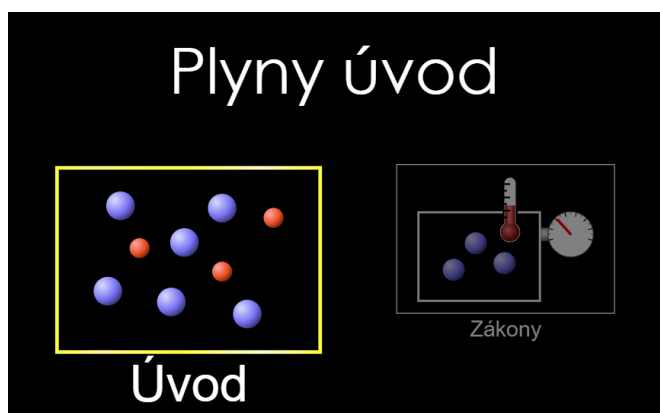
Cíle výuky:

- Popište, jak se bude chovat plyn, když změníme jeho teplotu.

1. Hrajte si se simulací

Na 10 minut si otevřete PhET simulaci *Plyny úvod*.

https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=cs

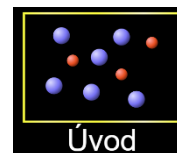


2. Prozkoumejte obě z nabízených oken (Úvod a Zákony) a podělte se se svými spolužáky o svá zjištění, diskutujte o nich a popište alespoň tři věci, které vás během vašeho zkoumání zaujaly.

¹ Odkaz na webovou stránku s originálem: <https://phet.colorado.edu/en/activities/7225>

Poznámka: po zbytek aktivity budeme využívat okno s názvem Úvod

3. Napumpujte částice do nádoby a na základě svých pozorování vyplňte následující tabulky.



Těžký plyn

Číslo pokusu	Počet částic	Šířka komory (nm)	Teplota (°C)	Tlak (atm)	Srážky se stěnou za 20 ps
1	50	10			
2	100	10			
3	200	10			
4	400	10			
5	800	10			

Vyhledejte 5 příkladů těžkých plynů a napište, kde a k čemu se používají:

Lehký plyn

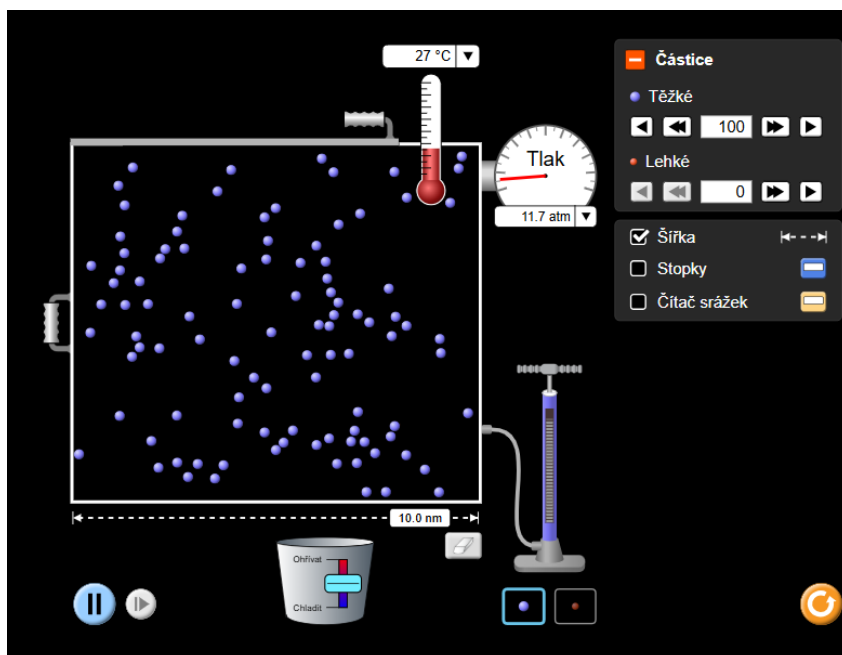
Číslo pokusu	Počet částic	Šířka komory (nm)	Teplota (°C)	Tlak (atm)	Srážky se stěnou za 20 ps
1	50	10			
2	100	10			
3	200	10			
4	400	10			
5	800	10			

Vyhledejte 5 příkladů lehkých plynů a napište, kde a k čemu se používají:

Na základě *vyplněných tabulek* vysvětlíte, jak budou vypadat interakce mezi molekulami, když jich do nádoby napumpujete více, tj. *jak to ovlivní veličiny, jako je teplota a tlak?*

Jaké rozdíly v chování lehkého a těžkého plynu je možné pozorovat?

4. Nastavte následující počáteční podmínky.



Najděte tři různé způsoby, jak zvýšit tlak celého systému.

Na jaké způsoby jste přišli?

Na základě toho, co se vám zatím podařilo zjistit, můžeme říci, že:

Tlak plynu v uzavřené nádobě můžeme měnit následujícím způsobem:

- Pokud se změní objem plynu, teplota se _____
- Mění-li se objem plynu, pak se tlak _____, a to následujícím způsobem:
 - Zvětší-li se objem plynu, tlak _____.
 - Zmenší-li se objem plynu, tlak _____.

Změníme-li teplotu nádoby s plynem, tlak se _____, a to následujícím způsobem:

- Pokud se zvýší teplota, pak se tlak _____.
- Pokud se sníží teplota, pak se tlak _____.

Nyní už asi dávají větší smysl varování, kterých jste si mohli všimnout na některých nádobách.



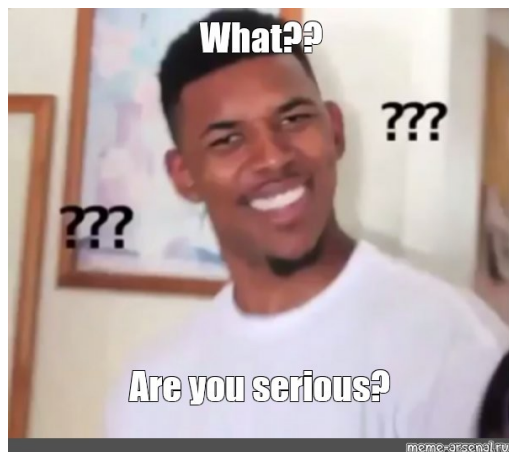
Následující video by vám mohlo trochu pomoci:

<https://www.youtube.com/watch?v=H5LF5GrZUJs>

Jak jste se mohli sami přesvědčit, kombinace ohně a aerosolové nádoby je velmi nebezpečná, ale co za tím ve skutečnosti vězí? Tak... Pojďme si to vyzkoušet.



Hele, ale snad si nemyslíte, že to budeme provádět se skutečnou plechovkou.



Otevřete si opět okno simulátoru, napumpujte plynové částice do komory a zahřívejte.

Kolik částic jste na začátku napumpovali?

Jaká byla přibližná teplota, při které plynová komora explodovala?

Jakou přibližnou dobu (v pikosekundách) trvalo, než komora explodovala?

Jak počet částic ovlivňuje to, za jak dlouhou dobu dojde k explozi?

Nakonec:

Zkuste vlastními slovy popsat, zda a jak vám tato aktivita pomohla pochopit chování plynu a potenciální rizika, kterých byste si měli být v běžném životě vědomi.

Příloha 2

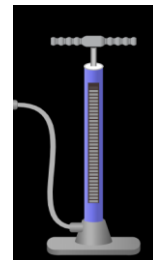
Simulace zákonů o plynech²

Jméno:

K popisu chování plynů se používají 4 fyzikální veličiny. Tyto 4 proměnné jsou v křehké rovnováze, a pokud se jedna z nich změní, může se změnit jedna nebo více zbylých proměnných, což ovlivní soustavu s plynem. Cílem této aktivity je zjistit, co se stane, když měníte 3 ze 4 proměnných. V každém "pokusu" budeme udržovat konstantní počet částic, a k tomu navíc konstantní jednu ze tří zbývajících proměnných.

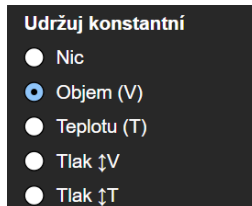
Začínáme

1. Klikněte na tento [odkaz](#), kde se otevře simulace vlastností plynů.
2. Vyberte napravo možnost „Zákony“ podle obrázku.



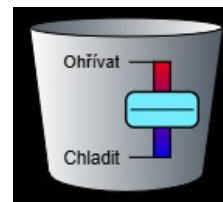
Pokus 1 – Konstantní objem

- A. Jedenkrát zapumpujte za pumpu na obrázku, aby se do komory dostaly částice plynu.
- B. Výběrem možnosti v pravém horním rohu udržujte konstantní objem podle obrázku.



Jaká je počáteční teplota v komoře (v jednotkách °C – stupeň Celsia) a počáteční tlak (v jednotkách atm – atmosféry)?

3. Použitím posuvníku ve spodní části simulátoru ohřejte komoru a zvyšte v ní teplotu na dvojnásobek.



Došlo ke zvětšení nebo ke zmenšení tlaku? Jaká je nyní hodnota tlaku v komoře?

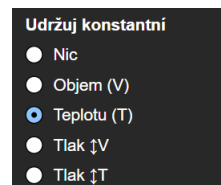
Pokus 2 – Konstantní teplota

- A. V pravém spodním rohu simulátoru klikněte na resetovací tlačítko a resetujte simulaci.



² Odkaz na webovou stránku s originálem: <https://phet.colorado.edu/en/activities/5280>.

- B. Jedenkrát zapumpujte za pumpu, aby se do komory dostaly částice plynu.
 C. Výběrem možnosti v pravém horním rohu udržujte konstantní teplotu podle obrázku.



Jaký je počáteční tlak v komoře (v jednotkách atm)?

4. Vezměte za rukojeť na levé stěně komory a posuňte ji doprava tak daleko, jak jen to půjde.

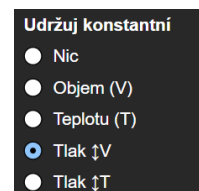
Když posunujete s rukojetí doprava, objem plynu/soustavy roste nebo klesá? Došlo ke zvětšení nebo ke zmenšení tlaku?

5. Posuňte stěnu úplně doleva, jak jen to půjde.

Došlo ke zvětšení nebo ke zmenšení tlaku?

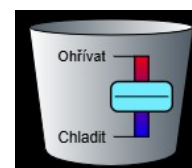
Pokus 3 – Konstantní tlak

- A. V pravém spodním rohu simulátoru klikněte na resetovací tlačítko a resetujte simulaci.
 B. Jedenkrát zapumpujte za pumpu, aby se do komory dostaly částice plynu.
 C. Výběrem možnosti v pravém horním rohu udržujte konstantní tlak podle obrázku (s proměnným objemem).



Jaká je počáteční teplota v komoře (v jednotkách °C)?

6. Použitím posuvníku ve spodní části simulátoru ohřejte komoru a zvyšte v ní teplotu.



Došlo ke zvětšení nebo ke zmenšení objemu?

Analýza

V každém z pokusů byla udržována jedna proměnná jako konstantní, zatímco další 2 se měnily. Vyhodnoťte pozorování svých pokusů za použití šipek ($\downarrow$ $\uparrow$) znázorňujících, co se stalo.

Pokus 1: Když se teplota zvýšila, tlak se _____.

Pokus 2: Když se objem zvýšil, tlak se _____.

Pokus 3: Když se teplota zvýšila, objem se _____.

Příloha 3

PhET – KINETICKÁ TEORIE MOLEKUL³

PhET Plyny ÚVOD: https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=cs

DO TOHOTO LISTU NEPIŠTE. Svě odpovědi vepište do odpovědního listu.

Začněte se simulací „Úvod“.

Zaškrtněte možnost „Čítač srážek“.

Otevřete kartu Částice:

1. Modré částice jsou těžké/lehké, zatímco červené částice jsou těžké/lehké.
2. Než se přesunete dál, zkuste formulovat několik předpokladů:

Jak se změní chování částic vzduchu, jestliže se zvýší teplota?

Jak se změní chování částic vzduchu, jestliže do komory přidáme více částic?

Jestliže budou těžší částice vystaveny stejným podmínkám jako lehčí částice, v čem se projeví rozdíl?

3. POKOJOVÁ TEPLOTA: Zapumpujte jedenkrát za pumpu a vložte do komory **Těžké (modré)** částice plynu.
 - a. Popište, jak se částice chovají po dobu přibližně 30 sekund. Zastavují se někdy?
 - b. Spočítejte **srážky se stěnou** kliknutím na zelené tlačítko přehrávání na kartě „Srážky se stěnou“ vlevo nahoře. Měření probíhá s 10pikosekundovou vzorkovací periodou. Zaznamenejte si naměřená data do tabulky s názvem POKOJOVÁ TEPLOTA.
 - c. Zaznamenejte hodnotu **tlaku** v jednotkách atm – atmosféry, kterou odečtete z tlakoměru vpravo nahoře.
 - d. V tomto okamžiku popište **pohyb částic** do vaší tabulky s daty.
4. ZVÝŠENÁ TEPLOTA: Pozorujte tytéž částice jako ve 3. úkolu.
 - a. **Ohřejte** plyn v komoře přetažením ukazatele ve spodní části obrazovky nahoru do polohy „Ohřívát“ po dobu okolo 10 sekund. PŘITOM POZORUJTE, CO SE BUDE DÍT S TEPLOU A TLAKEM.
 - b. Spočítejte **srážky se stěnou** kliknutím na zelené tlačítko přehrávání na kartě „Srážky se stěnou“ vlevo nahoře. Měření probíhá s 10pikosekundovou vzorkovací periodou. Zaznamenejte si naměřená data do vaší tabulky s názvem ZVÝŠENÁ TEPLOTA.
 - c. Zaznamenejte hodnotu **tlaku** v jednotkách atm – atmosféry, kterou vyčtete z tlakoměru vpravo nahoře.
 - d. V tomto okamžiku popište **pohyb částic** do vaší tabulky s daty – je jejich pohyb jiný v porovnání s pohybem v komoře o pokojové teplotě? Rychlejší? Pomalejší? Chaotičtější? Uspořádanější? Popište co nejpečlivěji.

³ Odkaz na webovou stránku s originálem: <https://phet.colorado.edu/en/activities/5365>.

PhET – KINETICKÁ TEORIE MOLEKUL

5. **SNÍŽENÁ TEPLOTA:** Pozorujte tytéž částice jako ve 4. úkolu.
- Ochlaďte plyn** ve vzduchové komoře přetažením ukazatele ve spodní části obrazovky dolů do polohy „Chladit“, dokud teploměr nebude ukazovat hodnotu **80 K**. PŘITOM POZORUJTE, CO SE BUDE DÍT S TEPLOTOU A TLAKEM.
 - Spočítejte **srážky se stěnou** kliknutím na zelené tlačítko přehrávání na kartě „Srážky se stěnou“ vlevo nahoře. Měření probíhá s 10pikosekundovou vzorkovací periodou. Zaznamenejte si naměřená data do vaší tabulky s názvem SNÍŽENÁ TEPLOTA.
 - Zaznamenejte hodnotu **tlaku** v jednotkách atm – atmosféry, kterou vyčtete z tlakoměru vpravo nahoře.
 - V tomto okamžiku popište **pohyb částic** do vaší tabulky s daty – je jejich pohyb jiný v porovnání s pohybem v komoře o pokojové teplotě? Rychlejší? Pomalejší? Chaotičtější? Uspořádanější? Popište co nejpečlivěji.
6. **ABSOLUTNÍ NULA:** Pozorujte tytéž částice jako v 5. úkolu.
- Ochlaďte plyn** ve vzduchové komoře přetažením ukazatele ve spodní části obrazovky dolů do polohy „Chladit“, dokud teploměr nebude ukazovat hodnotu: **0 K**.
 - Spočítejte **srážky se stěnou** kliknutím na zelené tlačítko přehrávání na kartě „Srážky se stěnou“ vlevo nahoře. Měření probíhá s 10pikosekundovou vzorkovací periodou. Zaznamenejte si naměřená data do vaší tabulky s názvem ABSOLUTNÍ NULA.
 - Zaznamenejte hodnotu **tlaku** v jednotkách atm – atmosféry, kterou vyčtete z tlakoměru vpravo nahoře.
 - V tomto okamžiku popište **pohyb částic** do vaší tabulky s daty – je jejich pohyb jiný v porovnání s pohybem v komoře o pokojové teplotě? Rychlejší? Pomalejší? Chaotičtější? Uspořádanější? Popište co nejpečlivěji.
7. **Provedte STEJNÉ experimenty z 3.–6. úkolu tentokrát s lehkými (červenými) částicemi.**

PhET – KINETICKÁ TEORIE MOLEKUL

ODPOVĚDNÍ LIST: Jméno _____ Datum _____

Odpověď k 1. úkolu: Modré částice jsou těžké/lehké, zatímco červené částice jsou těžké/lehké.

Předpoklady:

Jak se změní chování částic vzduchu, jestliže se zvýší teplota?

Jak se změní chování částic vzduchu, jestliže do komory přidáme více částic?

Jestliže budou těžší částice vystaveny stejným podmínkám jako lehčí částice, v čem se projeví rozdíl?

Odpověď k úkolu 3 a):

Těžké částice

Situace	Srážky se stěnou	Hodnota tlaku	Popis pohybu částic
POKOJOVÁ TEPLOTA			
ZVÝŠENÁ TEPLOTA			
SNÍŽENÁ TEPLOTA			
ABSOLUTNÍ NULA			

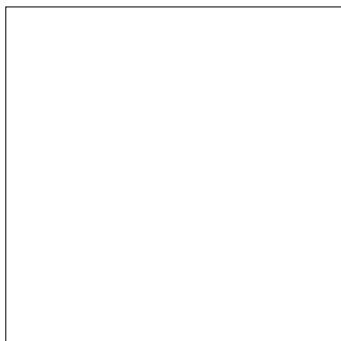
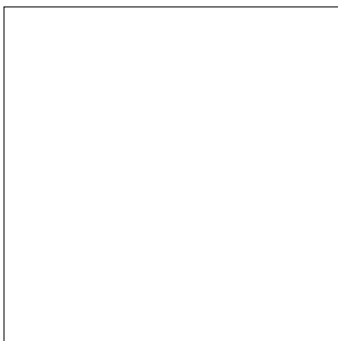
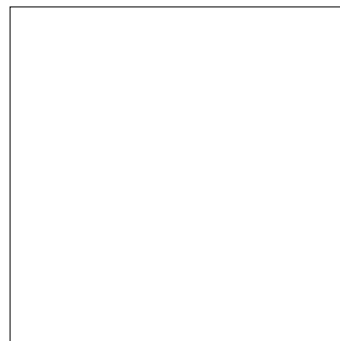
PhET – KINETICKÁ TEORIE MOLEKUL

Lehké částice

Situace	Srážky se stěnou	Hodnota tlaku	Popis pohybu částic
POKOJOVÁ TEPLOTA			
ZVÝŠENÁ TEPLOTA			
SNÍŽENÁ TEPLOTA			
ABSOLUTNÍ NULA			

ANALÝZA Otázky:

1. Proměnné/Konstanty
 - a. Které veličiny byly v těchto pokusech konstantní (=neměnné)?
 - b. Které veličiny jsme v těchto experimentech měnili? Nezávisle proměnné:
 - c. Které veličiny se změnily samostatně bez našeho zásahu? Závisle proměnné:
2. Vytvořte nákresy, ve kterých znázorníte chování (pohyb) částic o POKOJOVÉ teplotě, VYSOKÉ teplotě a NÍZKÉ teplotě. Ke znázornění rychlosti pohybu částic použijte různé délky a tloušťky šipek (delší/tlustší šipka značí vyšší rychlost).

POKOJOVÁ TEPLOTA**VYSOKÁ TEPLOTA****NÍZKÁ TEPLOTA**

3. Podle nákresů v předchozím úkolu, zkuste určit, **jaký je vztah mezi ENERGÍÍ (pohybem) částic a teplotou.**
4. Podívejte se na srážky se stěnou; **jaký je vztah mezi teplotou a srážkami se stěnou? Vysvětlete, proč vaše tvrzení dává smysl.**
5. Podívejte se na zaznamenané hodnoty tlaku; **jak souvisí srážky se stěnou s hodnotami tlaku? Je mezi nimi nějaký vztah? Pokud ano, jaký?**
6. Jaká by mohla být dobrá definice tlaku z hlediska částic plynu a srážek se stěnami podle vaší odpovědi v 5. otázce?
7. Jak se podle tabulky nahoře chovají **teplota a tlak**? Je mezi těmito proměnnými nějaký vztah?
8. Porovnejte vaše tabulky pro **TĚŽKÉ a LEHKÉ částice**. (Pokud je to moc náročné, napumpujte najednou do komory jedenkrát těžké, jedenkrát lehké částice, pozorujte a porovnejte.)
 - a. Je mezi vašimi dvěma tabulkami nějaká podobnost? Řídí se stejnými zákonitostmi?
 - b. Jsou mezi vašimi dvěma tabulkami nějaké rozdíly?
 - c. Jak se lehké a těžké částice obecně liší, co se týká jejich chování?

PhET – KINETICKÁ TEORIE MOLEKUL

9. Absolutní nula

- a. Co se stalo s teplotou, tlakem a pohybem částic, když jste teplotu snížili k 0 K?
- b. Jak byste na základě těchto informací vysvětlili, co je to absolutní nula, někomu, kdo o tomto tématu nic neví?
- c. Co myslíte: je možné dosáhnout absolutní nuly?

10. **Kinetická teorie plynů (láték)** je teorie, která vysvětluje a pomáhá předpovídat, jak se plyn bude chovat. Vy jste právě prováděli experimenty jen se základními proměnnými, které jsou zahrnuty v kinetické teorii plynů.

- a. Pojem KINETICKÁ energie se obvykle vztahuje k energii pohybu. Jak se s teplotou měnila kinetická energie našich částic?
- b. Co bychom mohli použít k měření energie částic, jestliže je nemůžeme pozorovat pouhým okem?
- c. ZAKROUŽKUJ SLOVA, KTERÁ SPLŇUJÍ TVRZENÍ: U částic plynu předpokládáme, že jsou v **(konstantním, občasném, chvilkovém)** pohybu. Pohyb plynových částic navíc považujeme za **(předvídatelný, náhodný, stabilní)**.
- d. Částice plynu mají naprosto pružné srážky, což znamená, že když narazí jedna do druhé nebo do stěn komory tak _____
_____.

Využití PhET simulace Plyny úvod: Rozvíjení pojmů pro porozumění zákonům plynů a změnám proměnných s nimi spojených

Příloha 4

PŘEHLED AKTIVIT⁴

Název

Využití PhET simulace Plyny úvod: Rozvíjení pojmů pro pochopení zákonů plynů a s nimi spojených změn proměnných

Autoři

Jack Eichler (University of California – Riverside)

Courtney Murphy (University of California – Riverside)

Předmět

Obecná chemie

Typ aktivity

Aktivita do hodiny – Společné učení ve skupinách

Vyučovací forma

Práce v malých skupinách

Výukové cíle

Studenti budou umět:

- 1) Předvídat změnu v tlaku, objemu, látkovém množství a teplotě při změně některé z proměnných.
- 2) Předvídat vztahy mezi proměnnými.

Klíčová slova

Zákony plynů, plyny, tlak, objem, teplota, látkové množství

⁴ Odkaz na webovou stránku s originálem: <https://phet.colorado.edu/en/activities/7000>.

POKYNY PRO VYUČUJÍCÍ

Zařazení aktivity v kurzu

Tato aktivita byla zařazena do předmětu obecná chemie v rámci druhého semestru na UC Riverside a zapsalo se na něj 240 studentů (jedná se o druhý ze tří navazujících předmětů obecné chemie). Aktivita byla realizována na úvod tématu o zákonech plynu a dokončena byla během jedné 80minutové vyučovací jednotky. Aktivita představuje vztahy mezi tlakem, teplotou, počtem molů a objemem plynu formou zkoumání jednotlivých veličin spojených se zákony plynu. Na závěr byli studenti požádáni o vyplnění závěrečných otázek, aby tak předvedli to, co se během aktivity naučili. Po skončení aktivity bylo toto téma probráno na několika cvičeních, aby si studenti upevnili zjištěné poznatky (tato cvičení zahrnovala kombinaci diskuze vedené vyučujícím a skupinovou práci založenou na práci ve dvojicích).

Předpokládané znalosti

- 1) Základní atomová struktura
- 2) Molekulová struktura
- 3) Mezimolekulární síly

Použití PhET simulace

Plyny úvod: https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=cs

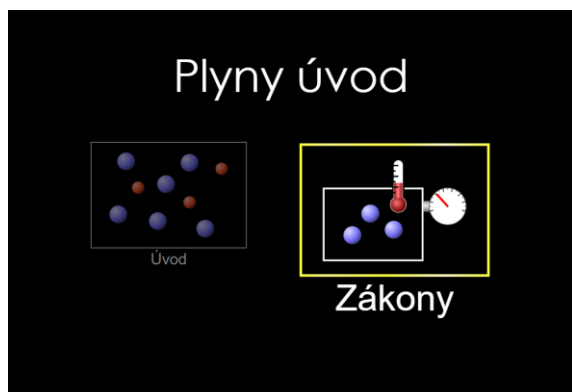
Poznámky k provedení

1. Studenti byli dva dny před uskutečněním této aktivity informováni, aby si s sebou na cvičení přinesli notebook nebo jiné vhodné zařízení. Byli také informováni o tom, že několik notebooků je možné si vypůjčit v univerzitní knihovně. Aktivita a odkaz na PhET simulaci byly zveřejněny na stránce tohoto předmětu v prostředí Canvas.
2. V den zařazení aktivity do výuky byli studenti vybídnuti, aby na úkolech pracovali v malých skupinách o dvou až třech lidech. Tři asistenti a vyučující předmětu procházeli po třídě, odpovídali na dotazy a vyjasňovali zadané instrukce.
3. Na konci aktivity byly ve třídě v rámci ankety položeny dvě nebo tři otázky z pracovního listu (za využití Poll Everywhere) a instruktor zprostředkoval zadání těchto otázek. Tyto otázky se započítávaly do čtvrtletního hodnocení; anketní otázky tvořily 20 % hodnocení kurzu. Vyučující v krátkosti na závěr aktivity se studenty probral tyto otázky a zdůraznil nejdůležitější pojmy a výukové cíle.

Hodnocení učení studentů

Výsledky studentů v anketních otázkách ukázaly, že více než 80 % studentů dosáhlo výukových cílů v rámci této činnosti. Do závěrečné zkoušky byly zařazeny otázky se stejnými výukovými cíli, přičemž počet studentů, kteří jich dosáhli, se nesnížil.

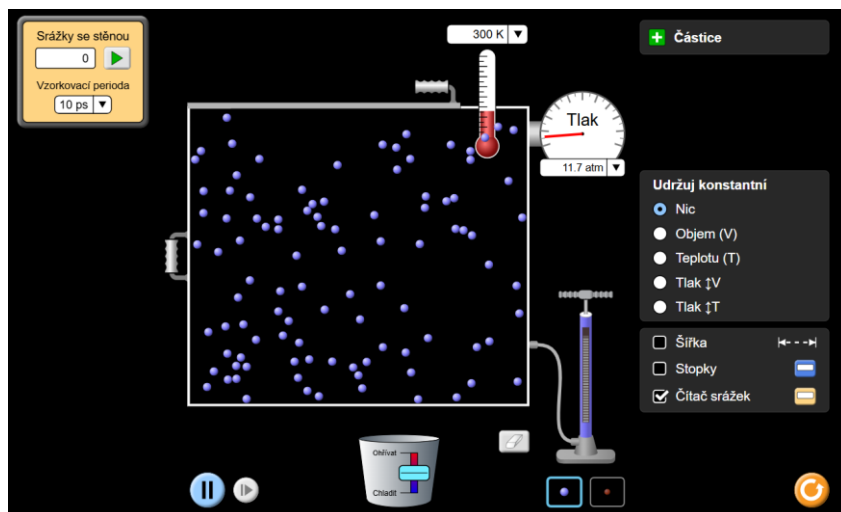
Využití PhET simulace Plyny úvod: Rozvíjení pojmů pro porozumění zákonům plynů a změnám proměnných s nimi spojených



Až budete vyzváni, vyberte možnost „Zákony“.

Experiment 1

Začněte použitím pumpy napravo od komory a dvěma zapumpováními přiveďte do komory částice.

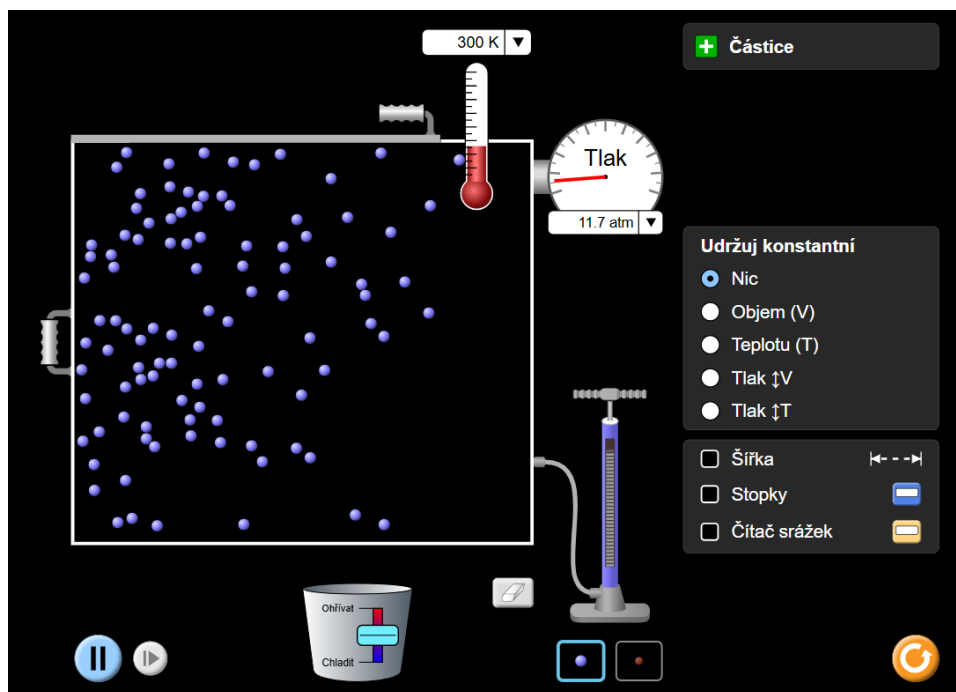


1. Popište pohyb částic v komoře. Čeho jste si na jejich pohybu všimli?
2. Zaškrtněte okénko „čítač srážek“ v panelu napravo. Na levé straně by se měl objevit oranžový rámeček. Stiskněte zelený knoflík přehrávání a zaznamenejte počet srážek se stěnou za periodu 10 ps. Zaznamenejte také hodnotu tlaku z tlakoměru na pravé straně komory.
3. Zapumpujte ještě potřetí a zopakujte postup z 2. kroku. Zaznamenejte počet srážek se stěnou a tlak.

Otázka k pojmům: Čeho jste si na základě vašeho pozorování všimli ve vztahu mezi srážkami se stěnou a tlakem?

Experiment 2

Pro smazání předchozího experimentu klikněte na gumu nalevo od pumpy. Na začátek nového experimentu přiveďte do komory částice dvojitým zapumpováním.



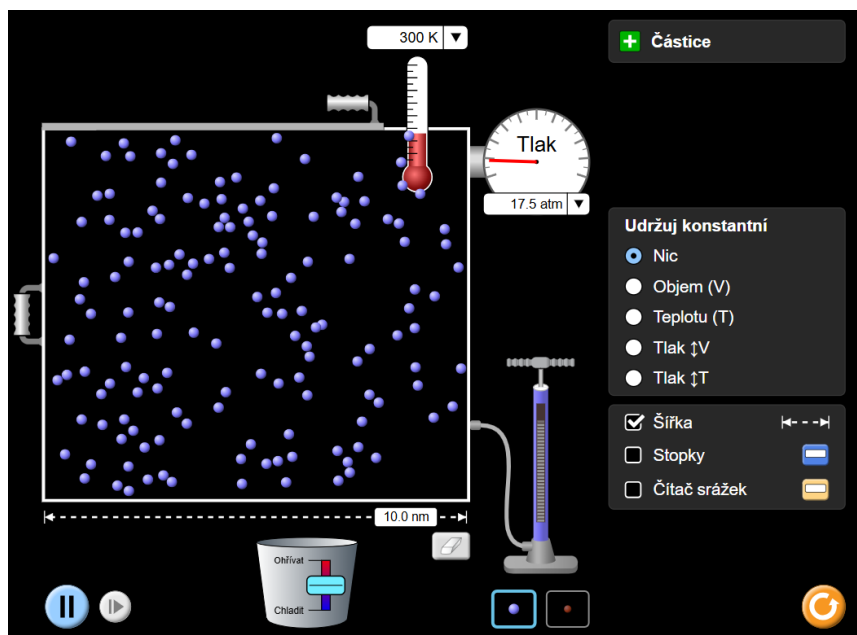
1. Jakmile se ustálí hodnota tlaku na tlakoměru, zaznamenejte ji.
2. Zapumpujte ještě potřetí a zaznamenejte hodnotu tlaku.
3. Zapumpujte ještě počtvrté a opět zaznamenejte hodnotu tlaku.

Otázky k pojmům: Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi tlakem a počtem částic v komoře? Způsobuje nárůst jedné proměnné nárůst nebo pokles u druhé proměnné?

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.

Experiment 3

Smažte předchozí experiment. Zaškrtněte políčko s popiskem „šířka“, což by mělo u spodní stěny komory umožnit měřit délku. Tím, že budete měnit šířku komory, bude se měnit i objem tak, že čím širší bude komora, tím větší bude její objem. Třikrát zapumpujte a přiveďte tak částice plynu do komory.



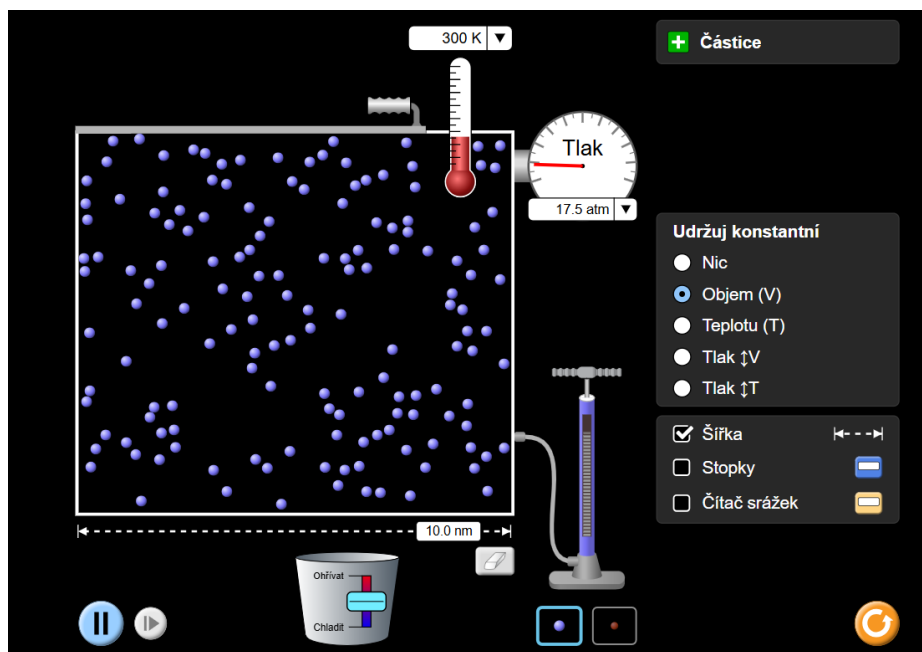
1. Zaznamenejte šířku komory (v jednotkách nm) a tlak (v jednotkách atm).
2. Klikněte na rukojeť na levé straně komory a potáhněte doleva, abyste zvětšili objem. Poznamenejte si šířku a tlak.
3. Nyní opět klikněte na rukojeť a potáhněte ji doprava. Ujistěte se, že šířka je menší než u **obou** předchozích měření.

Otázky k pojmům: Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi tlakem a objemem? Způsobuje nárůst jedné proměnné nárůst nebo pokles druhé proměnné?

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.

Experiment 4

Smažte předchozí experiment. V nabídce „Udržuj konstantní“ vyberte možnost „Objem“. Třikrát zapumpujte a přiveďte tak částice plynu do komory.



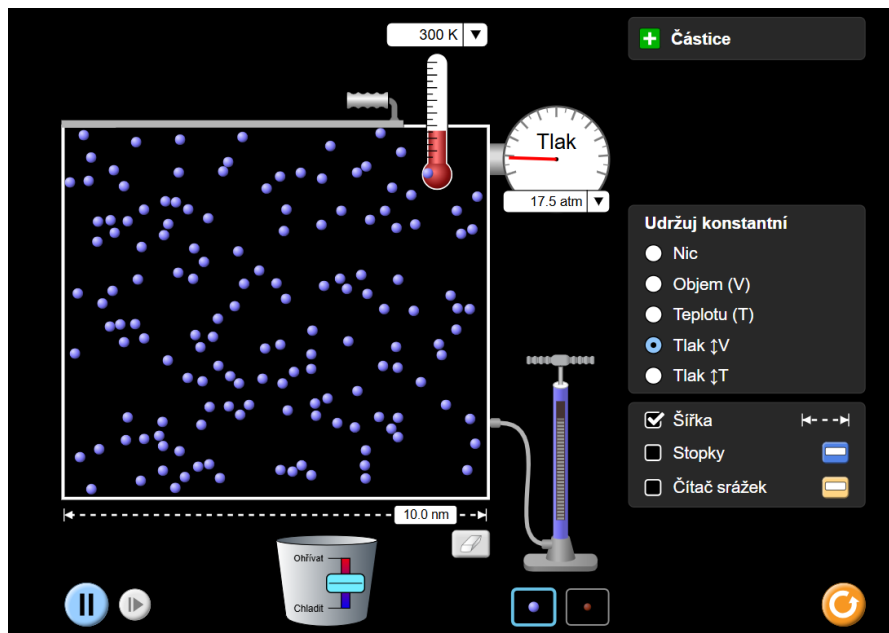
1. Jakmile se tlak ustálí, poznamenejte si hodnotu tlaku (v jednotkách atm) a teploty (v jednotkách K).
2. Kyblík dole má na sobě posuvník regulující teplotu. Klikněte na modrý posuvník a potáhněte ho nahoru. To dodá celému systému teplo. Jakmile dojde k významné změně teploty a tlaku, zaznamenejte jejich hodnoty.
3. Potáhněte modrým posuvníkem dolů a ochlaďte celý systém. Jakmile je teplota podstatně nižší než počáteční teplota, zaznamenejte opět hodnoty teploty a tlaku.

Otázky k pojmům: Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi tlakem a teplotou celého systému? Způsobuje zvýšení jedné proměnné zvýšení nebo snížení druhé proměnné?

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.

Experiment 5

Smažte předchozí experiment. Třikrát zapumpujte a přiveďte částice plynu do komory. Pod nabídkou „Udržuj konstantní“ vyberte možnost „Tlak $\uparrow V$ “ (to umožní objemu, aby se měnil, zatímco tlak bude konstantní) a zaškrtněte možnost zobrazení šířky komory (obdobně jako v experimentu 3).



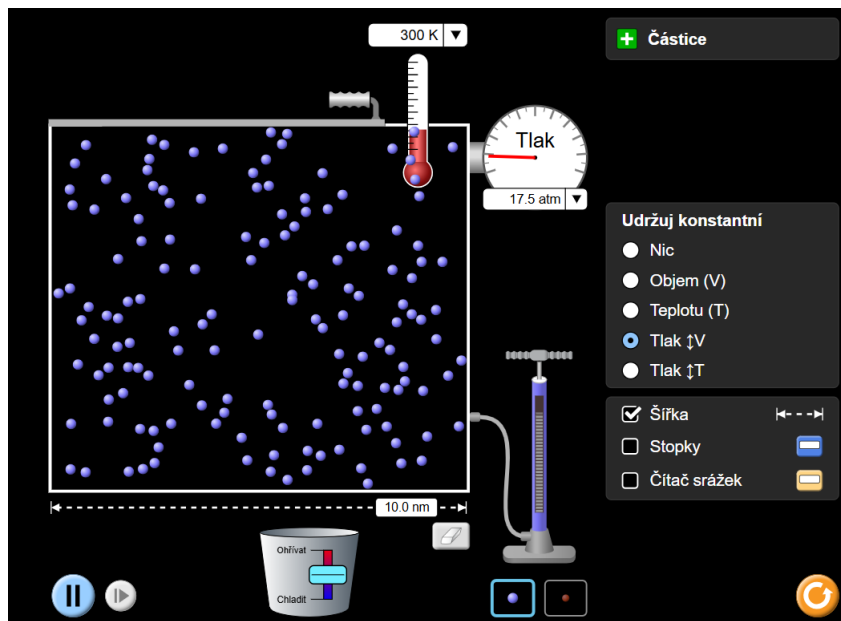
1. Poznamenejte si šířku komory (v jednotkách nm). Pamatujte, že když se zvětšuje šířka komory, zvětšuje se i její objem.
2. Zapumpujte ještě jednou a přiveďte do komory další částice. Poznamenejte si šířku komory.
3. Klikněte na rukojeť na horní stěně komory a potáhněte jí doleva. Tím byste měli otevřít komoru a umožnit tak částicím ji opustit. Jakmile komoru opustí větší množství částic, poznamenejte si šířku komory (v této simulaci je objem přímo úměrný šířce komory).

Otázky k pojmům: Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi objemem a počtem částic v komoře? Způsobuje zvýšení jedné proměnné zvýšení nebo snížení druhé proměnné?

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.

Experiment 6

Smažte předchozí experiment. Třikrát zapumpujte a přiveďte tak částice plynu do komory. Pod nabídkou „Udržuj konstantní“ vyberte „Tlak $\uparrow V$ “ (to umožní objemu, aby se měnil, zatímco tlak bude konstantní) a zaškrtněte možnost zobrazení šířky komory (obdobně jako v experimentu 3 a 5).



1. Poznamenejte si šířku komory (v jednotkách nm) a teplotu (v jednotkách K).
2. Za použití modrého posuvníku na kyblíku dole ohřejte systém. Zaznamenejte šířku i teplotu komory.
3. Za použití modrého posuvníku ochladte komoru na menší než počáteční teplotu. Poznamenejte si šířku a teplotu systému.

Otázky k pojmům: Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi objemem a teplotou celého systému? Způsobuje zvýšení jedné proměnné zvýšení nebo snížení druhé proměnné?

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.

Využití PhET simulace Plyny úvod: Rozvíjení pojmů pro porozumění zákonům plynů a změnám proměnných s nimi spojených

Otázky na závěr

Je dána rovnice $pV = nRT$, kde p = tlak, V = objem, n = počet molů plynu a T = teplota. U následujících otázek předpokládejte, že všechny ostatní proměnné jsou při popisování vztahu mezi dvěma konkrétními proměnnými konstantní:

1. Co se stane s tlakem systému, když se objem změní podobně jako v experimentu 3?
2. Co se stane s objemem komory, jakmile se počet molů plynu změní podobně jako v experimentu 5?
3. Co se stane s tlakem uvnitř komory, jakmile se změní počet molů plynu podobně jako v experimentu 2?
4. Co se stane s tlakem v komoře, když se změní teplota plynu podobně jako v experiment 4?
5. Co se stane s objemem komory, když se změní teplota podobně jako v experimentu 6?

Předpokládané odpovědi studentů

Experiment 1

Čeho jste si na základě vašeho pozorování všimli ve vztahu mezi srážkami se stěnou a tlakem?

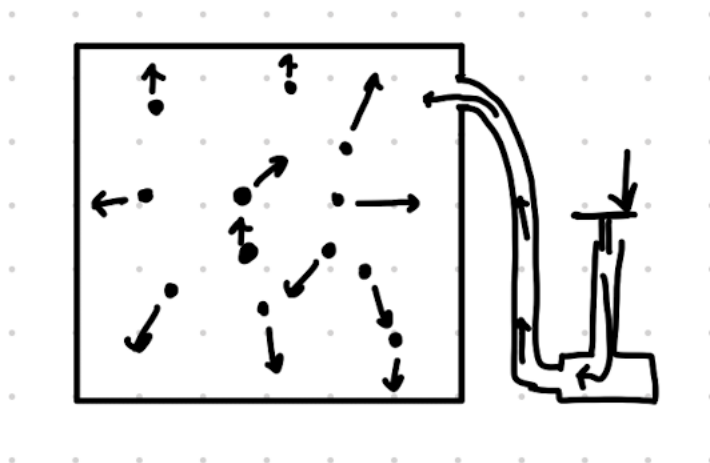
Když se zvyšuje tlak, zvyšuje se i počet srážek se stěnami.

Experiment 2

Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi tlakem a počtem částic v komoře? Způsobuje nárůst jedné proměnné nárůst nebo pokles u druhé proměnné?

Když do komory přidáváme částice, tlak roste.

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.

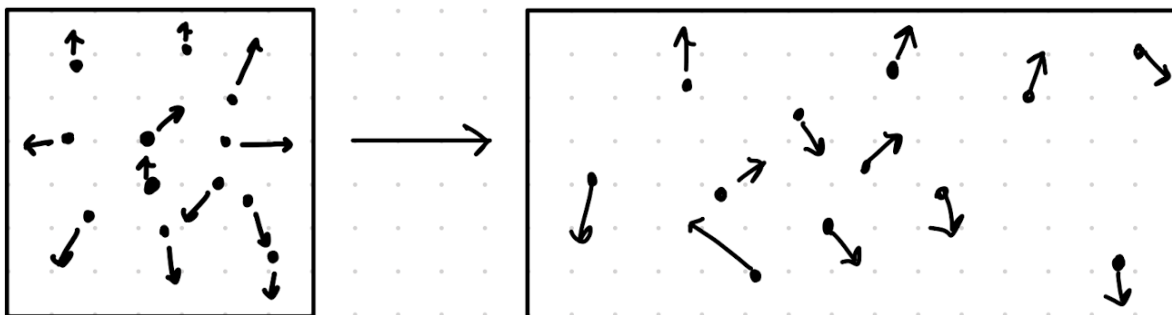


Experiment 3

Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi tlakem a objemem? Způsobuje nárůst jedné proměnné nárůst nebo pokles druhé proměnné?

Když se objem komory zvětšuje, tlak uvnitř komory se snižuje.

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.



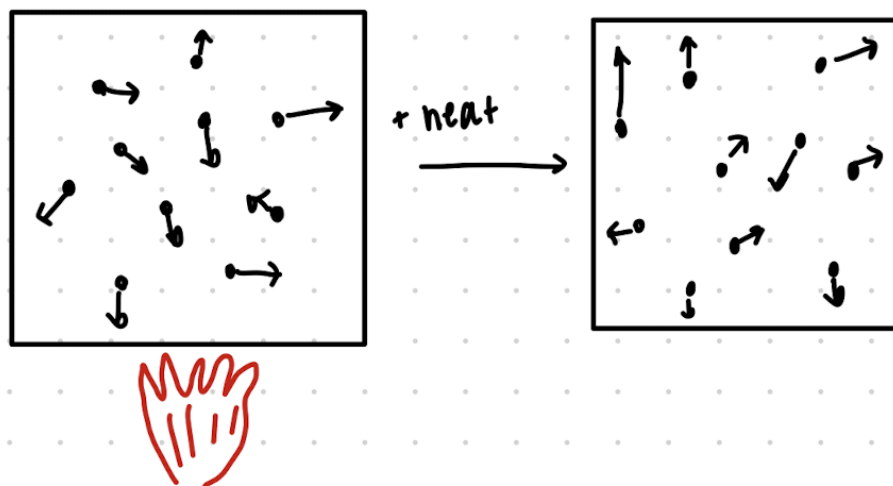
Experiment 4

Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi tlakem a teplotou celého systému? Způsobuje zvýšení jedné proměnné zvýšení nebo snížení druhé proměnné?

Když systému dodáváme teplo, tlak v systému se zvětšuje.

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.

Využití PhET simulace Plyny úvod: Rozvíjení pojmů pro porozumění zákonům plynů a změnám proměnných s nimi spojených

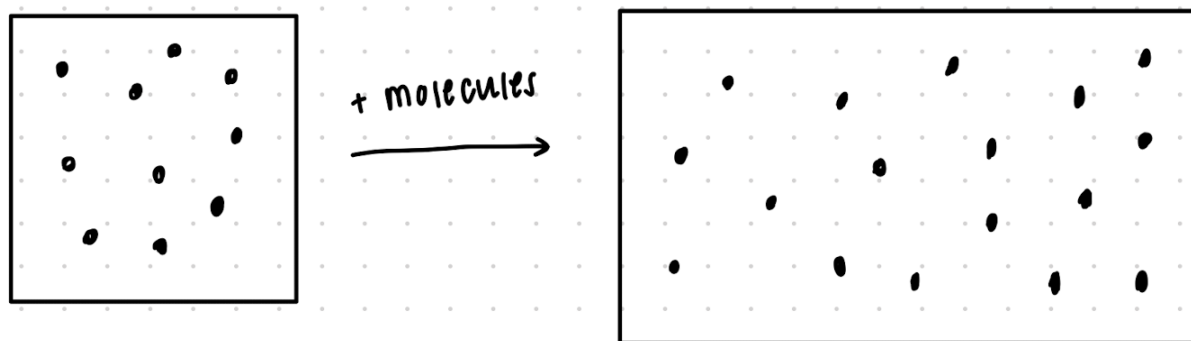


Experiment 5

Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi objemem a počtem částic v komoře? Způsobuje zvýšení jedné proměnné zvýšení nebo snížení druhé proměnné?

Když zvyšujeme počet částic v systému, objem komory roste.

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.

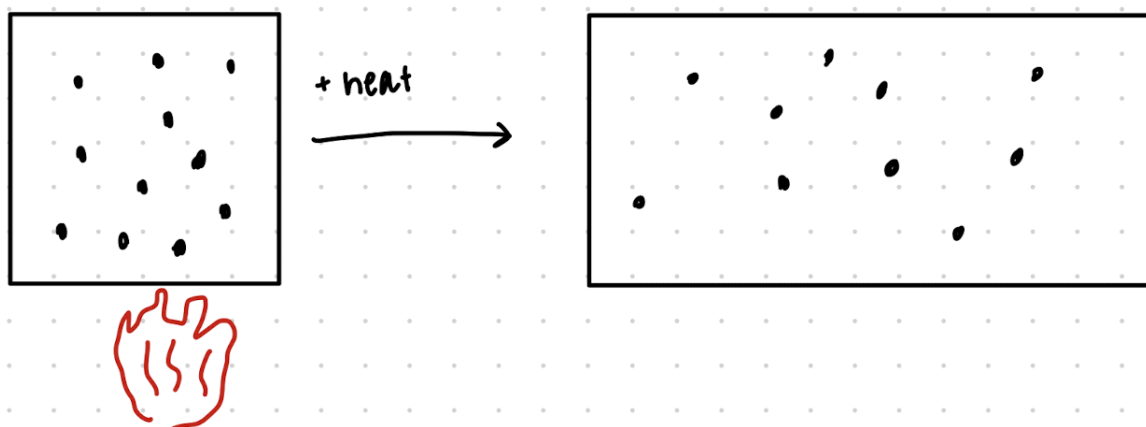


Experiment 6

Čeho jste si na základě vašich pozorování všimli ve vztahu mezi objemem a teplotou celého systému? Způsobuje zvýšení jedné proměnné zvýšení nebo snížení druhé proměnné?

Když systému dodáváme teplo, jeho objem se zvětšuje.

Nakreslete obrázek tohoto zařízení. Použijte šipky a krátké popisky, abyste vystihli, co dělají molekuly plynu v experimentu.



Otázky na závěr

1. Co se stane s tlakem systému, když se objem změní podobně jako v experimentu 3?

Když objem systému roste, hodnota tlaku klesá. Když objem systému klesá, hodnota tlaku roste.

2. Co se stane s objemem komory, jakmile se počet molů plynu změní podobně jako v experimentu 5?

Když počet molů plynu roste, objem komory se zvětšuje. Když počet molů plynu klesá, objem komory se snižuje (zmenšuje).

3. Co se stane s tlakem uvnitř komory, jakmile se změní počet molů plynu podobně jako v experimentu 2?

Když se počet molů plynu zvětšuje, zvětšuje se také tlak. Když se počet molů zmenšuje, zmenšuje se také tlak.

4. Co se stane s tlakem v komoře, když se změní teplota plynu podobně jako v experiment 4?

Když roste teplota v komoře, zvyšuje se tlak. Když klesá teplota v komoře, snižuje se také tlak.

5. Co se stane s objemem komory, když se změní teplota podobně jako v experimentu 6?

Když teplota v komoře vzroste, zvětší se objem komory. Když teplota v komoře klesne, objem komory se zmenší.

Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě?⁵

Pro představu...



Uvnitř ztracené ponorky Titanicu: Aktualita

Ztracená ponorka společnosti OceanGate upoutala světovou pozornost. V létě roku 2022 byl zpravodaj „CBS News Sunday Morning“ a moderátor „Unsung Science“ David Pogue přizván k expedici, která měla navštívit vrak Titanicu spolu s ředitelem společnosti OceanGate jménem Stockton Rush a s potápěčským veteránem Titanicu P. H. Nargeoletem, na palubě jedinečné ponorky. David popsal své dobrodružství ve dvoudílné epizodě v prosinci 2022. Dnes již víme, že ponorku i jejího tvůrce potkal tragický konec. Pogue se ohlíží zpět za svou zkušeností ve svém komentáři.

Domácí sycení oxidem uhličitým



Více bublin. Méně plastů.

Každou minutu se na světě prodá jeden milion plastových lahví. Ano, je to tak – jeden milion za minutu. A pouze 9 % z nich se zrecykluje – zbytek skončí v oceánu nebo na skládce. Jedna Aarke láhev na vodu nahradí tisíce jednorázových plastových lahví.



1 hr 44 min

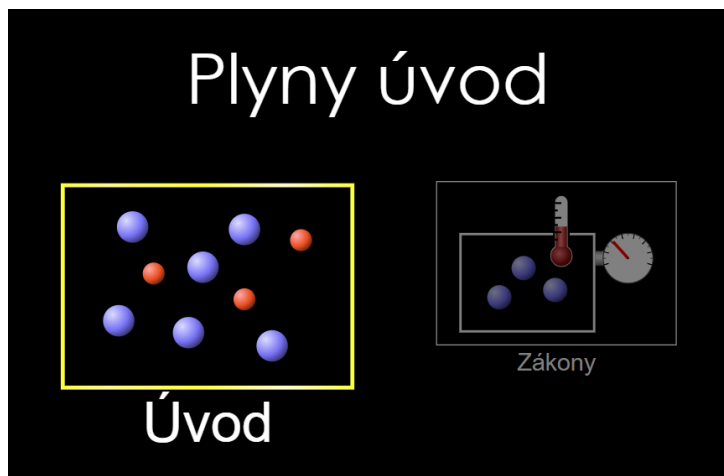
PLAY ►

Episoda 104 Ohyb: Industriální revoluce

Navlékněte si neopren, popadněte kyslíkovou bombu a dobře si připevňte dýchací masku, protože tento týden se chystáme na náš dosud nejhlubší ponor. V této epizodě pronikneme do hlubin dekompresní nemoci neboli „ohybu“, abychom lépe pochopili, jak moc mohou být plyny a tlak smrtící. Začneme u Gases 101 (*pozn. společnost specializující se na detekční techniku a bezpečnost*), prozkoumáme, jak k dekompresní nemoci dochází a jak ovlivňuje naše tělo. Dále prozkoumáme nedávnou historii této nemoci, historii, která skýtá více příběhů zabývajících se mostním inženýrstvím než potápěním (tyto příběhy jsou nicméně stejně fascinující). Konečně se pozvolna dostáváme na povrch věci, a to pohledem na dekompresní nemoc po celém světě. Naladte se na výšky, hloubky a všechno, co je mezi extrémny této nemoci, a svůj plán dekompresce klidně nechte doma.

⁵ Odkaz na webovou stránku s originálem: <https://phet.colorado.edu/en/activities/6386>.

Jděte na následující PhET simulaci a začněte Úvodní aktivitou:



https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=cs

Zaznamenejte do pole níže svá pozorování tak, že budete různě měnit proměnné v Úvodní aktivitě.

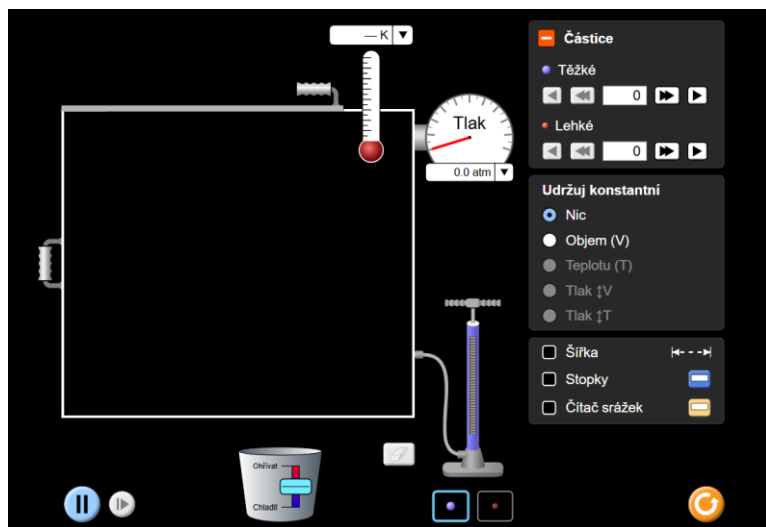
Nezapomeňte následující:

1. Zaznamenejte druhy proměnných i s jejich jednotkami.
2. Určete všechny pozorované vztahy mezi dvěma proměnnými.

Úvodní KVANTITATIVNÍ pozorování:

Jakmile dokončíte Úvodní aktivitu, klikněte na Zákony.

Ikona Zákony je umístěna v pravém dolním rohu vedle ikon Domů a Úvod.



https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=cs

1) Shromážděte data, abyste mohli určit, jaký je vztah mezi teplotou a tlakem a toto zaznamenejte do Google Tabulek.

Přiveďte do komory 100 částic plynu tak, že dvakrát zapumpujete. Pro své zkoumání můžete použít buď těžké nebo lehké částice. Ujistěte se, že přitom **udržujete konstantní objem (V)**.

Do níže uvedených polí “Důkaz” vložte kopii svého grafu, nebo případně grafy překreslete. Ujistěte se, že váš graf obsahuje nejlépe odpovídající regresní rovnici s odpovídající hodnotou R^2 . Která funkce – lineární, exponenciální, polynomická, logaritmická nebo mocninná řada – nejlépe odpovídá vztahu mezi teplotou a tlakem? Vysvětlete na základě „Formátu zdůvodňování důkazů tvrzení“, který je ukázán a vysvětlen v diagramu a na videu na další straně. Ujistěte se, že jste vaše tvrzení formulovali v souladu s matematickými a přírodovědnými principy.

Pro zobrazení přehledu funkcí jděte [sem](#).



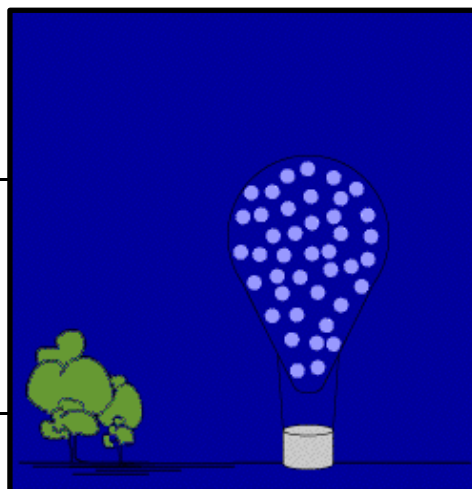
CLAIM 	A statement that answers the question
EVIDENCE 	The scientific data and details that support your claim
REASONING 	Explains "how" or "why" the evidence supports the claim. Aka the scientific rule

Otázka: Jaký je vztah mezi teplotou a tlakem?

Tvrzení:

Důkaz:

(VLOŽTE SEM HYPERTEXTOVÝ ODKAZ NA SVŮJ GRAF)



Odůvodnění:

2) Podobný postup zopakujte pro objem a teplotu.

Ujistěte se, že udržujete konstantní tlak (p ($\uparrow T$), kdy je teplota závisle proměnná - **NE** p ($\uparrow V$)), kdy je objem závisle proměnný.

Otázka: Jaký je vztah mezi objemem a teplotou?

Tvrzení:



Důkaz:

(VLOŽTE SEM HYPERTEXTOVÝ ODKAZ NA SVŮJ GRAF)

Odůvodnění:

3) Podobný postup zopakujte pro objem a tlak.

Ujistěte se, že udržujete konstantní teplotu (T).

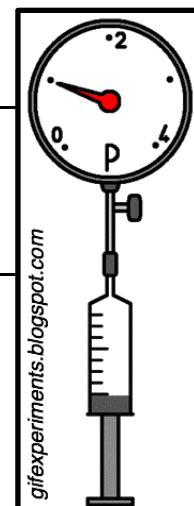
Otázka: Jaký je vztah mezi objemem a tlakem?

Tvrzení:

Důkaz:

(VLOŽTE SEM HYPERTEXTOVÝ ODKAZ NA SVŮJ GRAF)

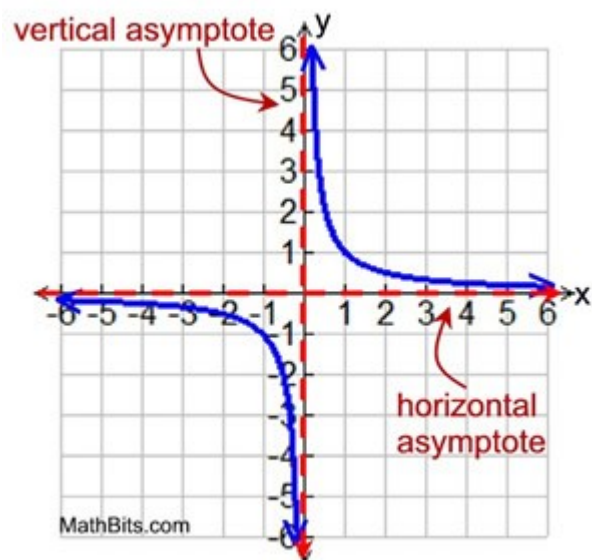
Odůvodnění:



4) Co by se stalo s tlakem, když by se objem přiblížil k nule?

Najděte spojitost mezi třetím grafem, který jste vytvořili výše a grafem dole.

Odpověď napište do tabulky níže:



5) Pro dokončení této práce vložte do aplikace Google Keep jedno ze tří CER tvrzení (vysvětlených výše) s vaším OBLÍBENÝM zákonem o plynech.

K této poznámce přiložte také vaše vytvořené Google Tabulky.

Níže vložte snímek obrazovky celé vaší poznámky v Google Keep:



Jak se chovají částice plynu v uzavřené nádobě?⁶

Pro představu...



Uvnitř ztracené ponorky Titanicu: Aktualita

Ztracená ponorka společnosti OceanGate upoutala světovou pozornost. V létě roku 2022 byl zpravodaj „CBS News Sunday Morning“ a moderátor „Unsung Science“ David Pogue přizván k expedici, která měla navštívit vrak Titanicu spolu s ředitelem společnosti OceanGate jménem Stockton Rush a s potápěčským veteránem Titanicu P. H. Nargeoletem, na palubě jedinečné ponorky. David popsal své dobrodružství ve dvoudílné epizodě v prosinci 2022. Dnes již víme, že ponorku i jejího tvůrce potkal tragický konec. Pogue se ohlíží zpět za svou zkušeností ve svém komentáři.

Domácí sycení oxidem uhličitým



Více bublin. Méně plastů.

Každou minutu se na světě prodá jeden milion plastových lahví. Ano, je to tak – jeden milion za minutu. A pouze 9 % z nich se zrecykluje – zbytek skončí v oceánu nebo na skládce. Jedna Aarke láhev na vodu nahradí tisíce jednorázových plastových lahví.



1 hr 44 min

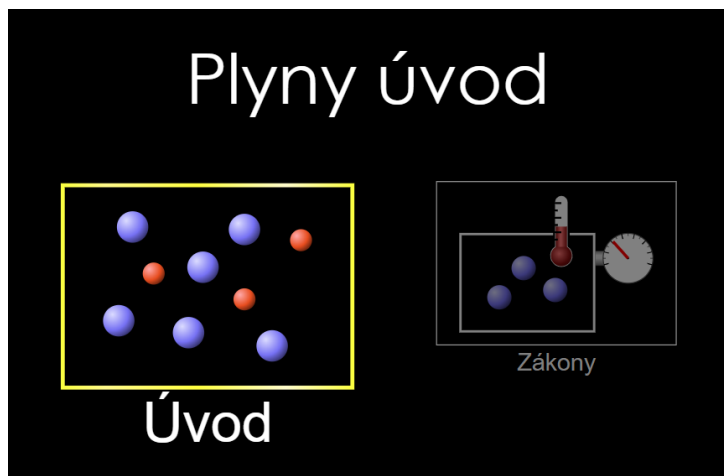
PLAY ►

Episoda 104 Ohyb: Industriální revoluce

Navlékněte si neopren, popadněte kyslíkovou bombu a dobře si připevňte dýchací masku, protože tento týden se chystáme na náš dosud nejhlubší ponor. V této epizodě pronikneme do hlubin dekompresní nemoci neboli „ohybu“, abychom lépe pochopili, jak moc mohou být plyny a tlak smrtící. Začneme u Gases 101 (*pozn. společnost specializující se na detekční techniku a bezpečnost*), prozkoumáme, jak k dekompresní nemoci dochází a jak ovlivňuje naše tělo. Dále prozkoumáme nedávnou historii této nemoci, historii, která skýtá více příběhů zabývajících se mostním inženýrstvím než potápěním (tyto příběhy jsou nicméně stejně fascinující). Konečně se pozvolna dostáváme na povrch věci, a to pohledem na dekompresní nemoc po celém světě. Naladte se na výšky, hloubky a všechno, co je mezi extrémny této nemoci, a svůj plán dekompresce klidně nechte doma.

⁶ Odkaz na webovou stránku s originálem: <https://phet.colorado.edu/en/activities/6386>.

Jděte na následující PhET simulaci a začněte Úvodní aktivitou:



https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=cs

Zaznamenejte do pole níže svá pozorování tak, že budete různě měnit proměnné v Úvodní aktivitě.

Nezapomeňte následující:

1. Zaznamenejte druhy proměnných i s jejich jednotkami.
2. Určete všechny pozorované vztahy mezi dvěma proměnnými.

Úvodní KVANTITATIVNÍ pozorování:

Tlak (atm)

Teplota (K)

Objem (závislý na šířce komory v nanometrech)

Počet částic plynu – těžkých či lehkých

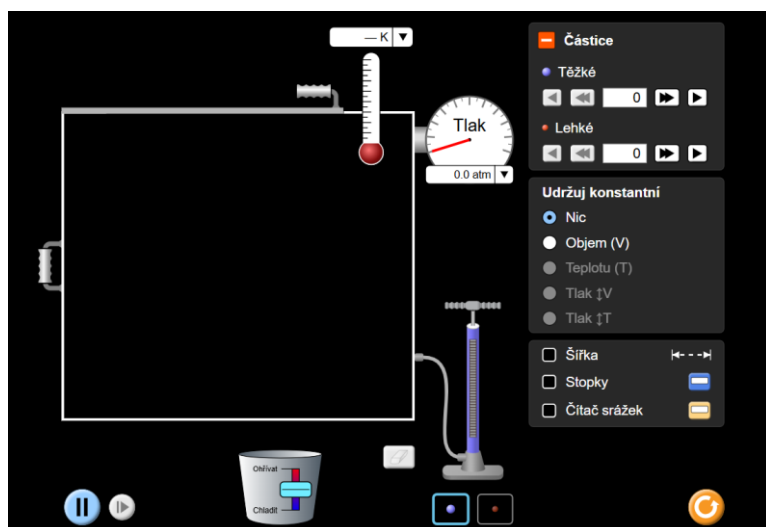
Počet částic jde NAHORU => tlak jde NAHORU (přímá úměra)

Teplota jde NAHORU => tlak jde NAHORU (přímá úměra)

Objem jde DOLŮ => tlak jde NAHORU (nepřímá úměra)

Jakmile dokončíte Úvodní aktivitu, klikněte na Zákony.

Ikona Zákony je umístěna v pravém dolním rohu vedle ikon Domů a Úvod.



https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=cs

2) Shromážděte data, abyste mohli určit, jaký je vztah mezi teplotou a tlakem a toto zaznamenejte do Google Tabulek.

Přiveďte do komory 100 částic plynu tak, že dvakrát zapumpujete. Pro své zkoumání můžete použít buď těžké nebo lehké částice. Ujistěte se, že přitom **udržujete konstantní objem (V)**.

Do níže uvedených polí “Důkaz” vložte kopii svého grafu, nebo případně grafy překreslete. Ujistěte se, že váš graf obsahuje nejlépe odpovídající regresní rovnici s odpovídající hodnotou R^2 . Která funkce – lineární, exponenciální, polynomická, logaritmická nebo mocninná řada – nejlépe odpovídá vztahu mezi teplotou a tlakem? Vysvětlete na základě „Formátu zdůvodňování důkazů tvrzení“, který je ukázán a vysvětlen v diagramu a na videu na další straně. Ujistěte se, že jste vaše tvrzení formulovali v souladu s matematickými a přírodovědnými principy.

Pro zobrazení přehledu funkcí jděte [sem](#).

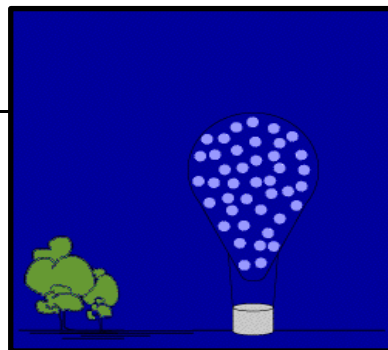


CLAIM 	A statement that answers the question
EVIDENCE 	The scientific data and details that support your claim
REASONING 	Explains "how" or "why" the evidence supports the claim. Aka the scientific rule

Otázka: Jaký je vztah mezi teplotou a tlakem?

Přímá úměra a lineární závislost

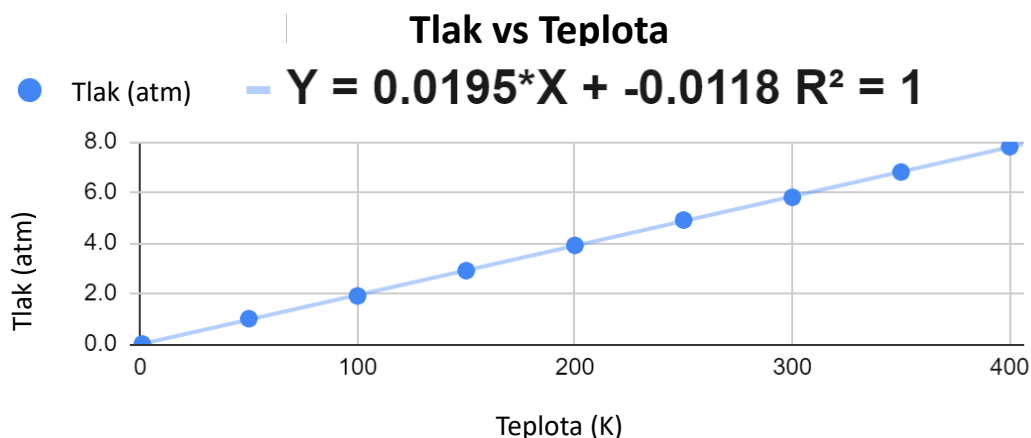
(Guy-Lussacův zákon)



Tvrzení: Když teplota roste, tlak uplatňovaný částicemi plynu také roste, za předpokladu, že objem a počet částic je konstantní.

Důkaz:

(VLOŽTE SEM HYPERTEXTOVÝ ODKAZ NA SVŮJ GRAF)



Odůvodnění:

Teplota je přímo úměrná tlaku a závislost mezi nimi je lineární.

Když se termodynamická teplota zdvojnásobí z 200 na 400 kelvinů, zvýší se také tlak ze 4 na 8 atmosfér za konstantního objemu a počtu částic.

Důvodem pro to je, že když se teplota zvedne (nebo dokonce zdvojnásobí), zvedne se také průměrná kinetická energie (nebo dokonce zdvojnásobí). A toto znamená, že počet srážek mezi částicemi a stěnami komory také stoupá (a pravděpodobně také na dvojnásobek). Což znamená vyšší tlak (opět dvojnásobný).

2) Podobný postup zopakujte pro objem a teplotu.

Ujistěte se, že udržujete konstantní tlak ($p \uparrow T$), kdy je teplota závisle proměnná - **NE** $p \uparrow V$), kdy je objem závisle proměnný.

Otázka: Jaký je vztah mezi objemem a teplotou?

přímá úměra a lineární závislost

(Charlesův zákon)

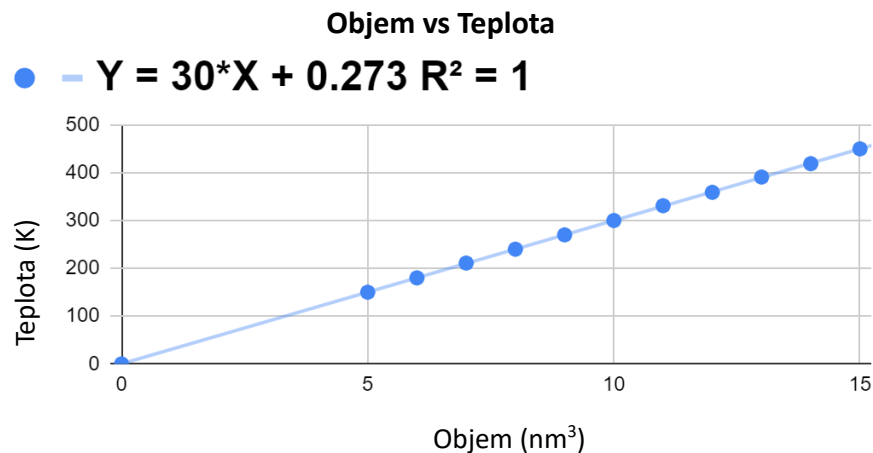


Tvrzení:

Když teplota stoupá, objem, který zaujímají částice plynu, také stoupá za předpokladu, že tlak je konstantní.

Důkaz:

(VLOŽTE SEM HYPERTEXTOVÝ ODKAZ NA SVŮJ GRAF)



Odůvodnění:

Mezi objemem a teplotou je přímá úměra a lineární závislost.

Když se objem (který závisí na šířce komory) zdvojnásobí z 5 na 10 nanometrů krychlových, zdvojnásobí se také teplota ze 150 na 300 kelvinů za konstantního tlaku a počtu částic plynu.

Důvodem zdvojnásobení objemu při zdvojnásobení teploty je to, že částice budou mít dvojnásobnou kinetickou energii. To vede k expanzi komory za

konstantního tlaku.

3) Podobný postup zopakujte pro objem a tlak.

Ujistěte se, že udržujete konstantní teplotu (T).

Otázka: Jaký je vztah mezi objemem a tlakem?

Nepřímá úměra a nelineární závislost

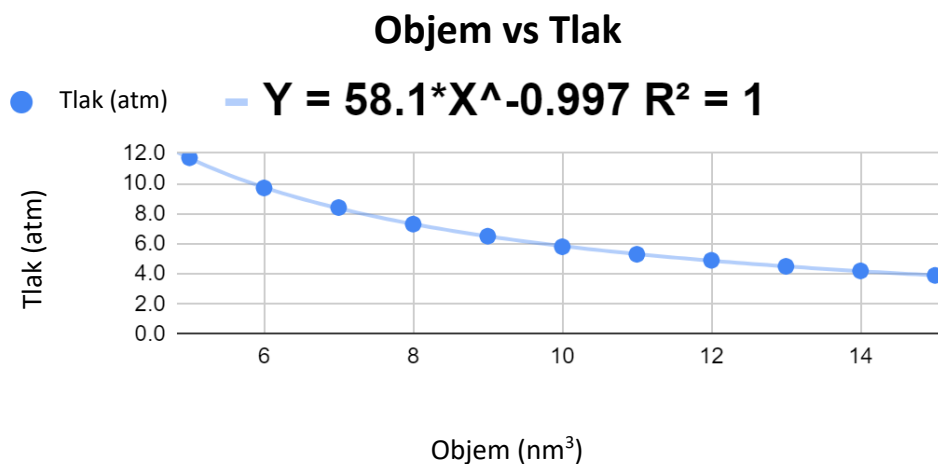
(Boylův zákon)

Tvrzení:

Když se zvyšuje tlak, objem, který zaujímají částice plynu, se snižuje, jestliže udržujeme konstantní teplotu.

Důkaz:

(VLOŽTE SEM HYPERTEXTOVÝ ODKAZ NA SVŮJ GRAF)

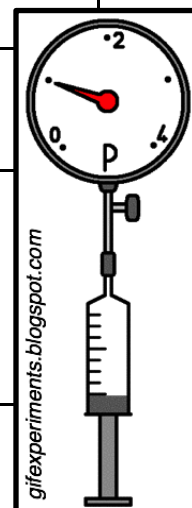


Odůvodnění:

Mezi objemem a tlakem je nepřímá úměra a nelineární závislost.

Když se objem zmenší z 12 na 6 nanometrů krychlových, zdvojnásobí se tlak z 5 na 10 atm za konstantní teploty a konstantního počtu částic.

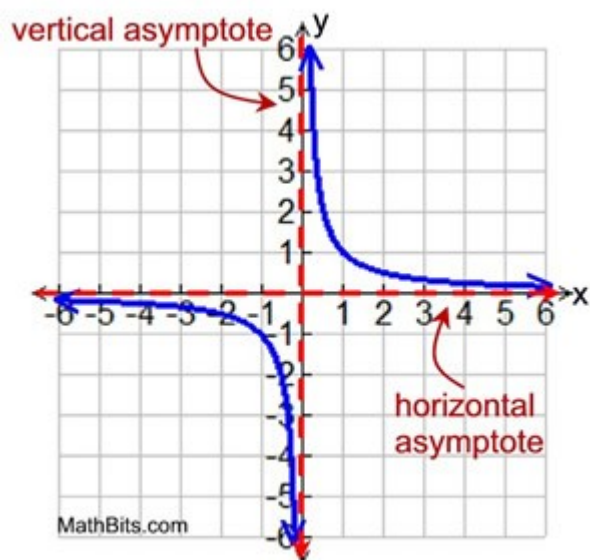
Důvodem, proč se tlak při zmenšení objemu na polovinu zdvojnásobí, je to, že



částice plynu se stejnou kinetickou energií zabírají méně prostoru. To znamená, že narážejí dvakrát více do stěn nádoby, která je nyní jen poloviční.

4) Co by se stalo s tlakem, když by se objem přiblížil k nule?

Najděte spojitost mezi třetím grafem, který jste vytvořili výše a grafem dole. Odpověď napište do tabulky níže:



Jakmile se objem nádoby zmenšuje a blíží se nule, tlak stále roste a blíží se nekonečnu. Ve výše uvedeném grafu v tabulkách Google je tlak vynesena na osu y , a proto by byl považován za vertikální asymptotu.

Podle Wikipedie, je toto definice asymptoty:

„V analytické geometrii je asymptota křivky taková přímka, jejíž vzdálenost od křivky se blíží nule, když jedna nebo obě souřadnice x nebo y jdou k nekonečnu.“

5) Pro dokončení této práce vložte do aplikace Google Keep jedno ze tří CER tvrzení s vaším OBLÍBENÝM zákonem o plynech.

K této poznámce přiložte také vaše vytvořené Google Tabulky.

Níže vložte snímek obrazovky celé vaší poznámky v Google Keep:



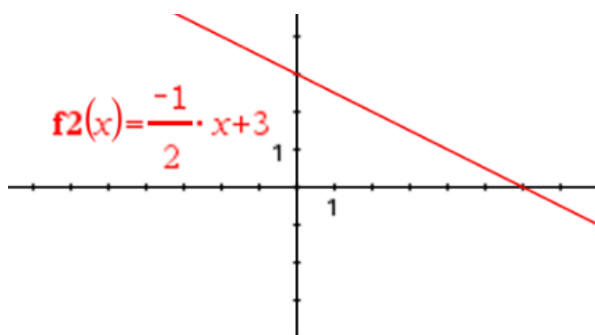
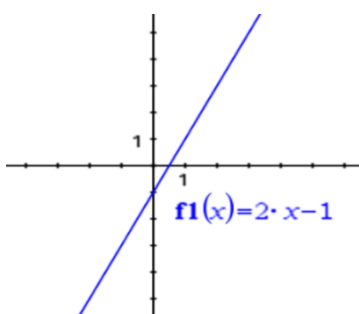
Přehled funkcí⁷

Jestliže matematici jsou kuchaři, pak funkce jsou jejich ingredience. Každá funkce má svoji vlastní chuť a osobnost. Předtím než se naučíte popisovat vědecké fenomény za využití funkcí, musíte mít jasno ohledně názvu každé **funkce** a o tom, jak se chová.

Lineární funkce: $f(x) = mx + b$

m = sklon

b = průsečík osy y



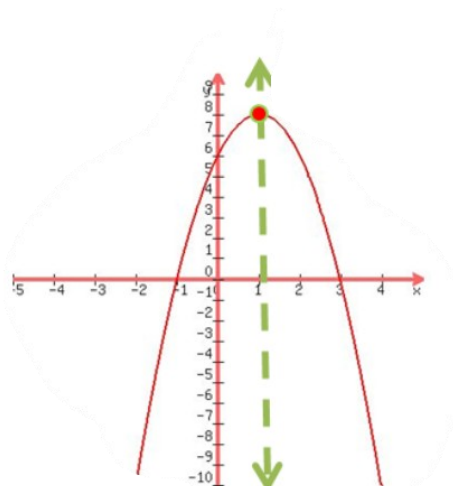
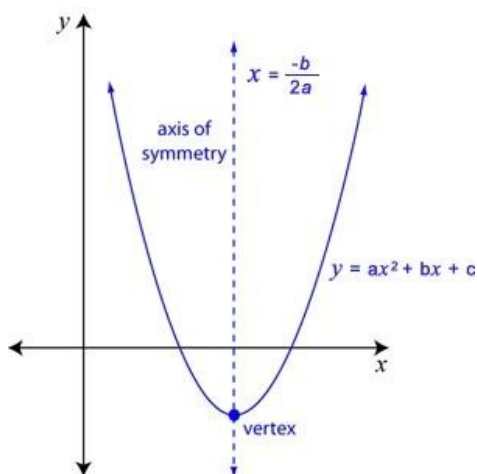
Kvadratická funkce: $f(x) = ax^2 + bx + c$

c = průsečík osy y

$x = \frac{-b}{2a}$ je osou symetrie

$a > 0$

$a < 0$



⁷ Odkaz na webovou stránku s originálem: <https://phet.colorado.edu/en/activities/6386>. Konkrétně dostupné z odkazu:

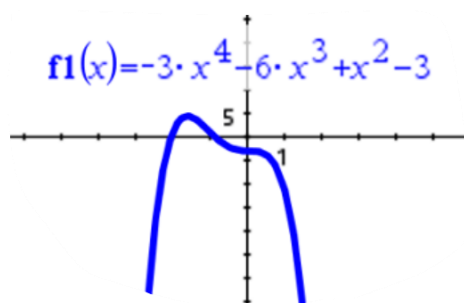
https://docs.google.com/document/d/1390t_WYiHsD0Z1kSgaoIrYUq6qm2NMkG1_WEp3_c_oq/edit?tab=t.0, který je součástí originálního pracovního listu.

Kvadratické funkce jsou nejčastěji používány ke znázornění pohybu střely, ale mají také spoustu dalších aplikací v běžném životě.

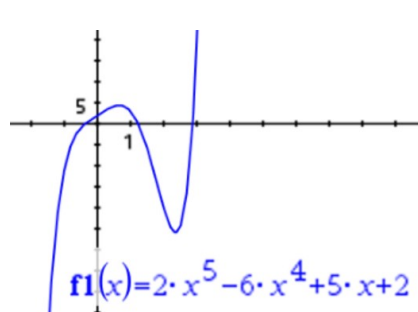
Polynomické funkce:

$$f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$$

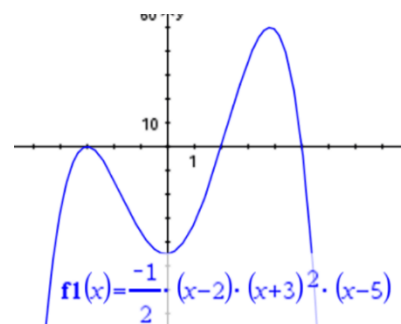
Příklady polynomických funkcí...



Polynom 4. stupně,
standardní forma



Polynom 5. stupně,
standardní forma



Tento polynom je
ve „faktorizovaném
stavu“

Stupeň polynomu se určuje podle nejvyššího členu polynomu. Čím vyšší je stupeň, tím více může mít polynom potenciálních průsečíků x-ové osy (kořenů). Například polynom 6. stupně může mít až 6 kořenů.

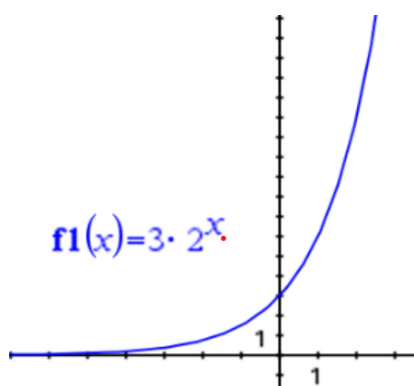
Polynom ve „**standardním tvaru**“ se píše tak, že na prvním místě je člen s největší mocninou a za ním následují ostatní členy podle velikosti mocniny sestupně.

Exponenciální funkce: $f(x) = ab^x$

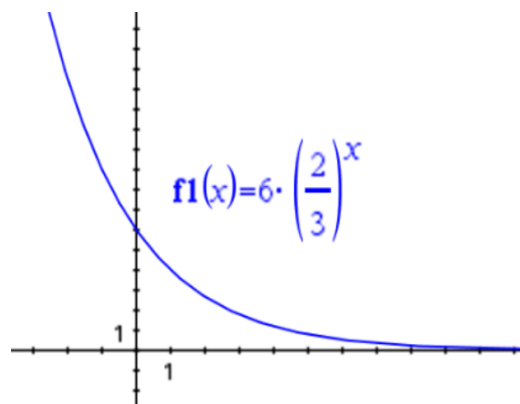
a = průsečík s y-ovou osou

b = růstový/poklesový faktor

$b > 0$



$b < 0$

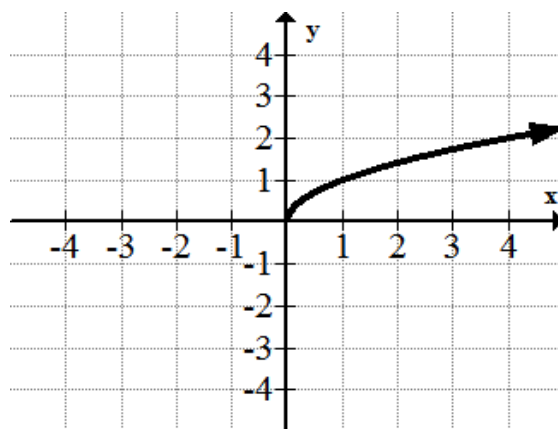


Exponenciální funkce ve tvaru $f(x) = ab^x$ má **horizontální asymptotu** v $y = 0$ (x-ová osa). Asymptota je přímka, ke které se graf přibližuje blíž a blíž, ale nikdy jí nedosáhne.

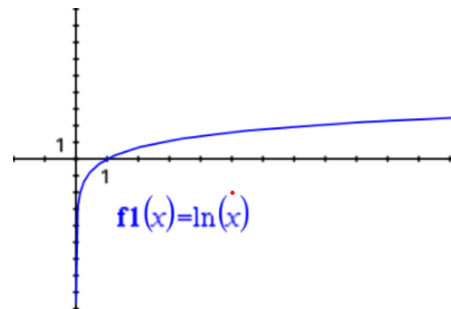
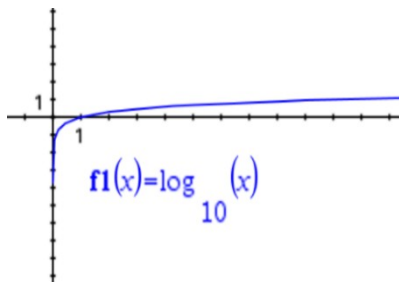
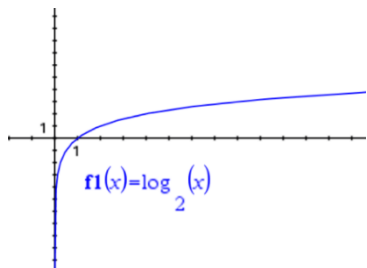
Funkce odmocniny: $f(x) = \sqrt{x}$

Povšimněte si, jak tento graf náhle končí v bodě (0, 0) a vlevo do osy y být nemůže.

To je proto, že odmocnina ze záporných x -ových hodnot nemá reálné řešení.



Logaritmické funkce: $f(x) = \log_n(x)$



Logaritmické funkce ve tvaru $f(x) = \log_n(x)$ mají **vertikální asymptotu** v $x = 0$ (y-ová osa)

Asymptota je přímka, ke které se graf přibližuje blíž a blíž, ale nikdy jí nedosáhne.

Logaritmická funkce prochází x-ovou osou v bodě $(1, 0)$.

Logaritmická funkce je **inverzní** („rušící“) funkcí k exponenciální funkci o stejném základu.

Například $y = \log_3(x)$ je inverzní funkcí k $y = 3^x$. Grafy jakýchkoliv dvou inverzních funkcí jsou vzájemnými zrcadlovými obrazy nad přímkou $y = x$.

Logaritmická funkce je základem Richterovy škály, která se používá k měření síly zemětřesení.

Lidé si často pletou grafy funkce odmocniny s grafy logaritmické funkce. Jaké jsou jedny z důležitých rozdílů mezi těmito dvěma grafy?

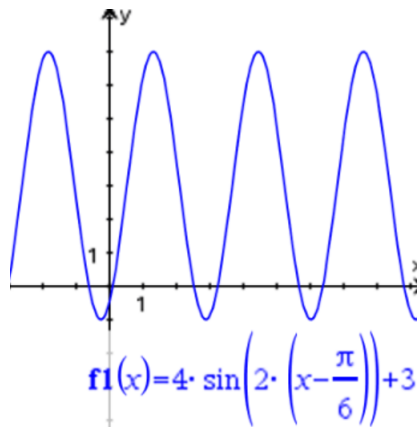
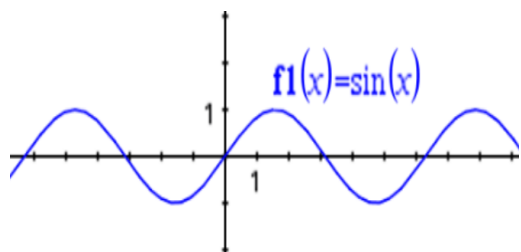
Periodické funkce: $y = a \cdot \sin(b(x - c)) + d$

a = amplituda

b = frekvence

c = vodorovný posun

d = svislý posun



Tyto funkce se označují jako tzv. „sinusoidy“. Používají se k popisu zvukových/světelných vln a jevů, které se cyklicky opakují za určitou časovou periodu (např. počet hodin denního světla během každého dne se řídí ročním cyklem).

NOVÁ funkce k prozkoumání:

Nyní společně prozkoumáme NOVOU funkci, a to ve tvaru $x \cdot y = C$, kde C je konstanta.

Prozkoumejme funkci $x \cdot y = 8$. Pokuste se najít několik uspořádaných párů (x,y) které dávají **součin 8**. Pro začátek vám pomůže několik příkladů, další vytvořte sami.

(4, 2) (- 1, _____) (_____, ½)

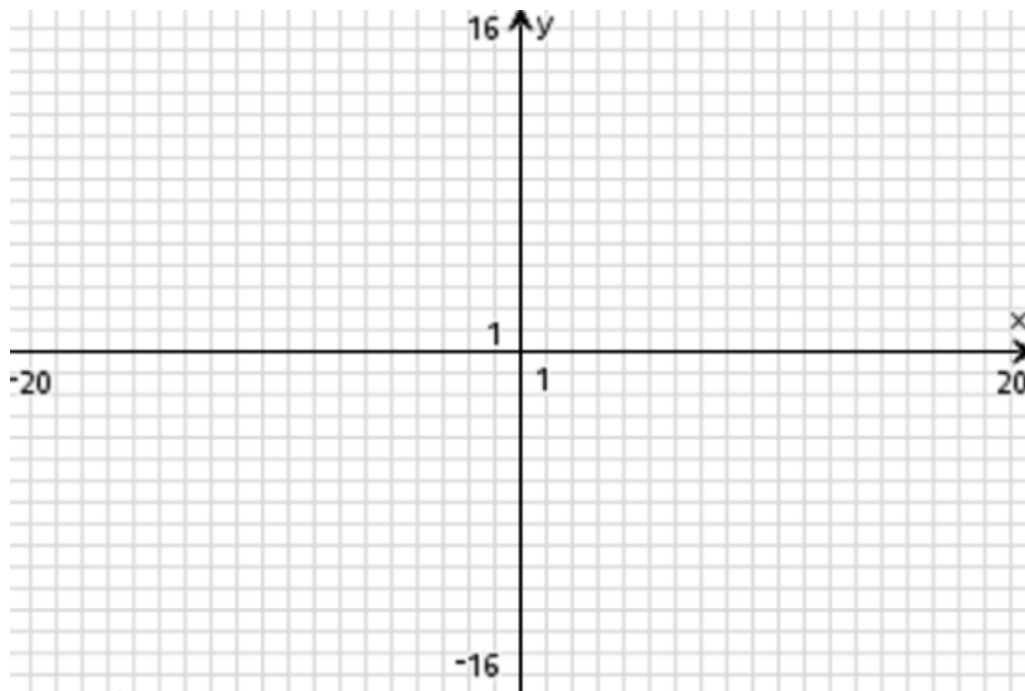
(0, _____) (80, _____) (.01, _____)

(_____, _____) (_____, _____) (_____, _____)

(_____, _____) (_____, _____) (_____, _____)

Průzkum (pokračování)

Vyznačte do soustavy souřadnic body, které jste právě vytvořili, případně i další možné body a vytvořte graf $x \cdot y = 8$.



Co se děje v grafu, kde $x = 0$? A kde $y = 0$?

Co se děje se y-ovými souřadnicemi, když se x blíží nule?

Co se děje s y-ovými souřadnicemi, když $|x|$ půjde do nekonečna?

Zaměřte se na část grafu v 1. kvadrantu. Jak je tato část grafu **podobná** grafu klesající exponenciály? Jak se od něho **liší**?

Průzkum (pokračování)

Rovnice $x \cdot y = 8$ může být řešena pro y a přepsána na ekvivalentní formu $y = \frac{8}{x}$.

Obecně, jakákoliv funkce ve formě $x \cdot y = C$ může být přepsána na $y = \underline{\hspace{2cm}}$.

Pojďme prozkoumat, co se stane, když změníme hodnotu C .

Ve vámi zvoleném programu se pokuste vykreslit následující grafy:

$$y = \frac{5}{x}$$

$$y = \frac{2}{x}$$

$$y = \frac{20}{x}$$

$$y = \frac{1}{x}$$

Čím jsou grafy podobné? Čím se liší? Popište význam konstanty C pro grafy.

Funkce $y = \frac{C}{x}$ může být také zapsána v ekvivalentní formě $y = C \cdot x^{-1}$.

Nakreslete dohromady grafy funkcí $y = \frac{8}{x}$ a $y = 8x^{-1}$. Čeho jste si u těchto grafů povšimli?

Funkce $y = C \cdot x^{-1}$ je specifickým příkladem **mocninné funkce**.

Obecně, je **mocninná funkce** ve tvaru $y = C \cdot x^b$

Pojďme prozkoumat, co se stane, když změníme hodnotu b , na kterou je umocněno x v mocninné funkci.

Nakreslete následující funkce. V čem jsou grafy podobné? V čem se liší? Jaké závěry z toho můžete vyvodit?

$$y = 2x^2$$

$$y = 2x^3$$

$$y = 2x^4$$

$$y = 2x^5$$

$$y = 2x^6$$

Nakreslete následující funkce. Zároveň, zadejte na své grafické kalkulačce funkci TRACE a rozhodněte, co se děje, když x je hodně velké A když x je velmi malé. V čem jsou grafy podobné? Čím se liší? Jaké závěry z toho můžete vyvodit?

$$y = 2x^{-1}$$

$$y = 2x^{-2}$$

$$y = 2x^{-3}$$

$$y = 2x^{-4}$$

Když kreslíte grafy funkcí ve tvaru $y = C \cdot x^b$ je možné, aby b bylo desetinné číslo? Vyzkoušejte to a zjistěte. Uvažujte kladné i záporné hodnoty pro b .

Co jste zjistili? Jaké máte ještě otázky?

Příloha 8

Zkoumání chování plynů⁸

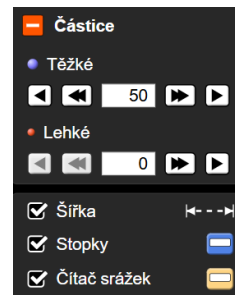
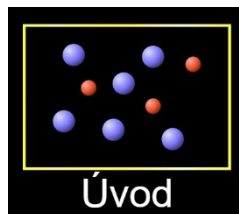
Jméno: _____

Datum: _____

Začínáme: Klikněte na tento [odkaz](#) a otevřete simulaci.

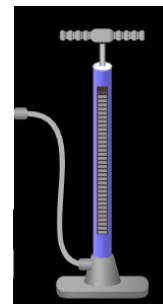
Část I

1. Otevřete okno Úvod. Vyberte jeden druh částic (lehké nebo těžké).
2. Zaznamenejte hodnotu tlaku, teploty a objemu.
3. Jedním zapumpováním přiveďte plynové částice do komory a pozorujte jejich chování. Jak byste ho popsali?



Zaznamenejte hodnotu tlaku, teploty a objemu.

4. Objem a teplotu udržujte konstantní a zapumpujte ještě jednou. Zaznamenejte počet částic a hodnotu tlaku v komoře do tabulky dole. Popište, co jste pozorovali.



Několikrát tento postup zopakujte pro vyšší a nižší počty částic jednoho typu.

Počet částic	Tlak (atm)

5. Je možné najít nějaký vztah mezi počtem částic a tlakem? V krátkosti popište.

⁸ Odkaz na webovou stránku s originálem: <https://phet.colorado.edu/en/activities/5380>.

Co je příčinou tlaku v komoře? (Jaký činíme předpoklad?)

Část II

Existují 3 veličiny, které musíme blíže specifikovat, když chceme popsat chování plynu. Jsou to: tlak, objem a teplota. V každém našem „experimentu“ **budeme počet částic udržovat konstantní** (neměnný). Jaké důsledky (pokud nějaké) budeme pozorovat ve změně chování plynu, pokud některou z těchto veličin změníme.

Otevřete okno **Zákony** napravo podle obrázku.



Experiment 1 – Objem

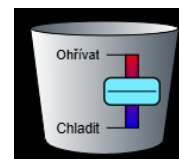
1. Jedním zapumpováním přiveďte plynové částice do komory.
2. Podle obrázku zvolte v pravém horním rohu možnost **udržovat konstantní objem**.

Jaká je počáteční teplota (v jednotkách $^{\circ}\text{C}$) a počáteční tlak (v jednotkách atm) v komoře?

Udržuj konstantní

- ☐ Nic
- ☒ Objem (V)
- ☐ Teplotu (T)
- ☐ Tlak $\uparrow$ V
- ☐ Tlak $\uparrow$ T

3. Posuvníkem ve spodní části simulátoru ohřejte systém a zdvojnásobte teplotu.
Zvětšila nebo zmenšila se hodnota tlaku v komoře? Jaký je nyní v komoře tlak?



4. Udržujte objem a počet částic konstantní, měňte teplotu a zaznamenejte tlak. Opakujte čtyřikrát a zaznamenejte zjištěná data. Napravo od tabulky načrtněte graf. Ujistěte se, že jste graf pojmenovali a správně označili osy.

Nezávislá proměnná je: _____

Závislé proměnná je: _____

Konstanty: _____

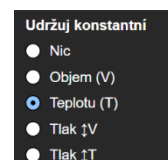
Teplota ($^{\circ}\text{C}$)	Tlak (atm)

Popište graf a příslušný vztah:

Experiment 2 – Teplota



1. Stisknutím resetovacího tlačítka v pravém dolním rohu resetujte simulátor.
2. Jedním zapumpováním přiveďte plynové částice do komory.
3. Podle obrázku zvolte v pravém horním rohu možnost **udržovat konstantní teplotu**.



Jaký je počáteční tlak (v jednotkách atm) v komoře?

4. Vemte za rukojeť na levé straně komory a posuňte ji doprava tak, jak to nejvíc jde.

Jaké jednotky jsou použity pro měření šířky komory? _____

Zvětšuje nebo zmenšuje se objem, když posunujete rukojetí doprava? _____

Zvětšila nebo zmenšila se hodnota tlaku? _____ Proč?

5. Posuňte rukojetí úplně doleva, jak nejvíc to půjde.

Zvětšila nebo zmenšila se hodnota tlaku? _____ Proč?

6. Udržujte teplotu a počet částic konstantní, měňte objem a zaznamenejte tlak. Opakujte čtyřikrát a zaznamenejte zjištěná data. Napravo od tabulky načrtněte graf. Ujistěte se, že jste graf pojmenovali a správně označili osy.

Nezávisle proměnná je: _____

Závisle proměnná je: _____

Konstanty: _____

Objem (nm ³)	Tlak (atm)

Popište graf a příslušný vztah:

Experiment 3 – Tlak

1. Stisknutím resetovacího tlačítka v pravém dolním rohu resetujte simulátor.
2. Jedním zapumpováním přiveďte plynové částice do komory.
3. Podle obrázku zvolte v pravém horním rohu možnost **udržovat konstantní tlak**.

Jaká je počáteční teplota (v jednotkách °C) v komoře? _____

4. Posuvníkem ve spodní části simulátoru ohřejte systém a zvyšte teplotu. Zvětšil nebo zmenšil se objem komory? _____
5. Udržujte tlak a počet částic konstantní, měňte teplotu a zaznamenejte objem. Opakujte čtyřikrát a zaznamenejte zjištěná data. Napravo od tabulky načrtněte graf. Ujistěte se, že jste graf pojmenovali a správně označili osy.

Nezávisle proměnná je: _____

Zavisle proměnná je: _____

Konstanty: _____

Teplota (°C)	Objem (nm ³)

Popište graf a příslušný vztah:

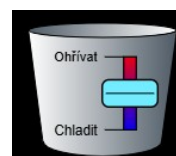
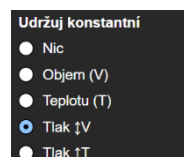
Analýza:

V každém experimentu jste jednu veličinu udržovali konstantní, zatímco další dvě se měnily. Zhodnoťte svá zjištění za použití šipek (↑ nebo ↓), abyste popsali, co se stalo.

Experiment 1: Když se teplota _____, tlak se _____.
Jaký je možný důvod?

Znáš nějaký podobný příklad z běžného života?

Experiment 2: Když se objem _____, tlak se _____.



Jaký je možný důvod?

Znáš nějaký podobný příklad z běžného života?

Experiment 3: Když se teplota _____, objem se _____.
Jaký je možný důvod?

Znáš nějaký podobný příklad z běžného života?