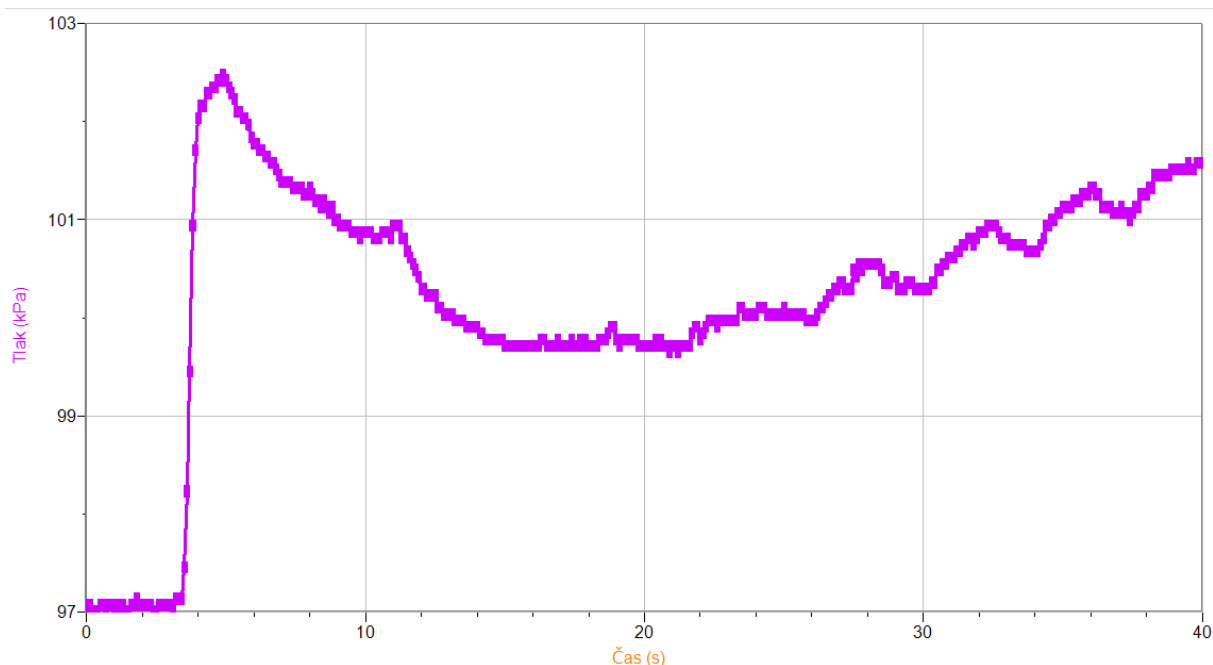


## Projekt Měření tlaku a teploty při nafukování a vyfukování balónků

Jaromír a Blanka Kekulovi

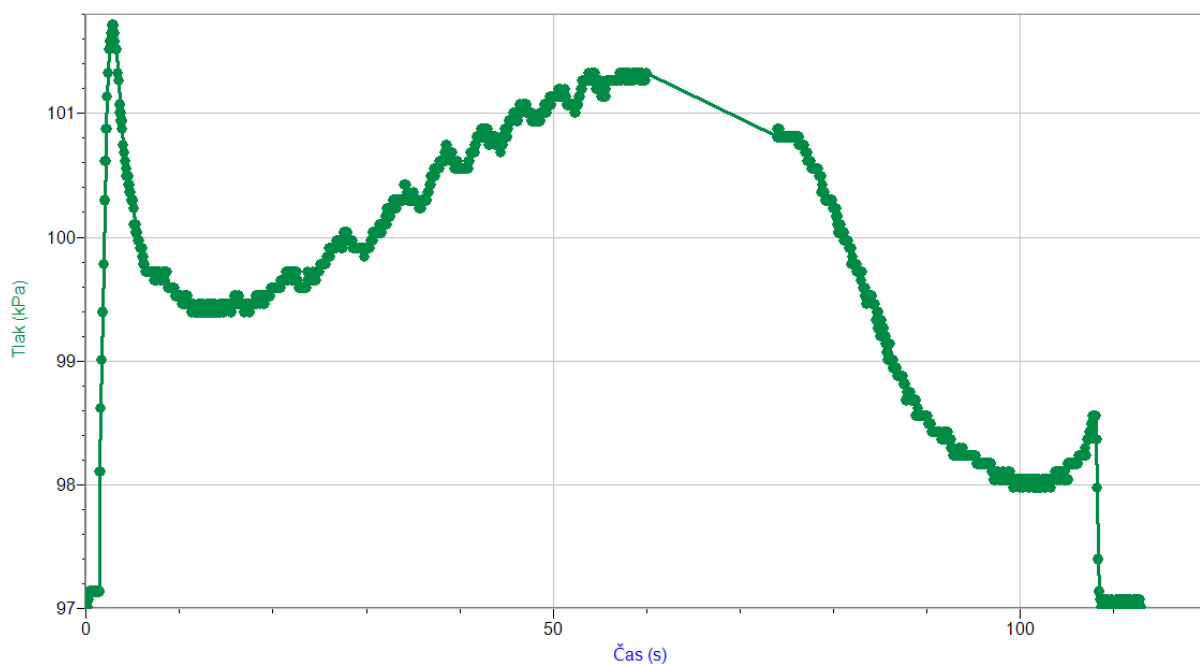
V tomto projektu jsme se zaměřili na měření tlaku vzduchu v nafukujícím se a vyfukujícím se balónku. K tomu jsme v některých případech přidali měření teploty vzduchu a měření rychlosti vystupujícího vzduchu. Používali jsme běžné poutřové balónky. K měření jsme použili měřicí systém Vernier.

Napřed jsme experimentovali s balónkem střední velikosti a zkoumali známé zvýšení tlaku na začátku nafukování, kdy balónek klade nafukování značný odpor, který se poté značně zmenší. Pokus ukázal, že přetlak nutný k tomu, aby se balónek začal nafukovat, je skoro 6 kPa, a po překonání počátečního odporu klesne přetlak vzduchu v balónku na polovinu, aby při dalším nafukování opět pomalu rostl (graf. 1).



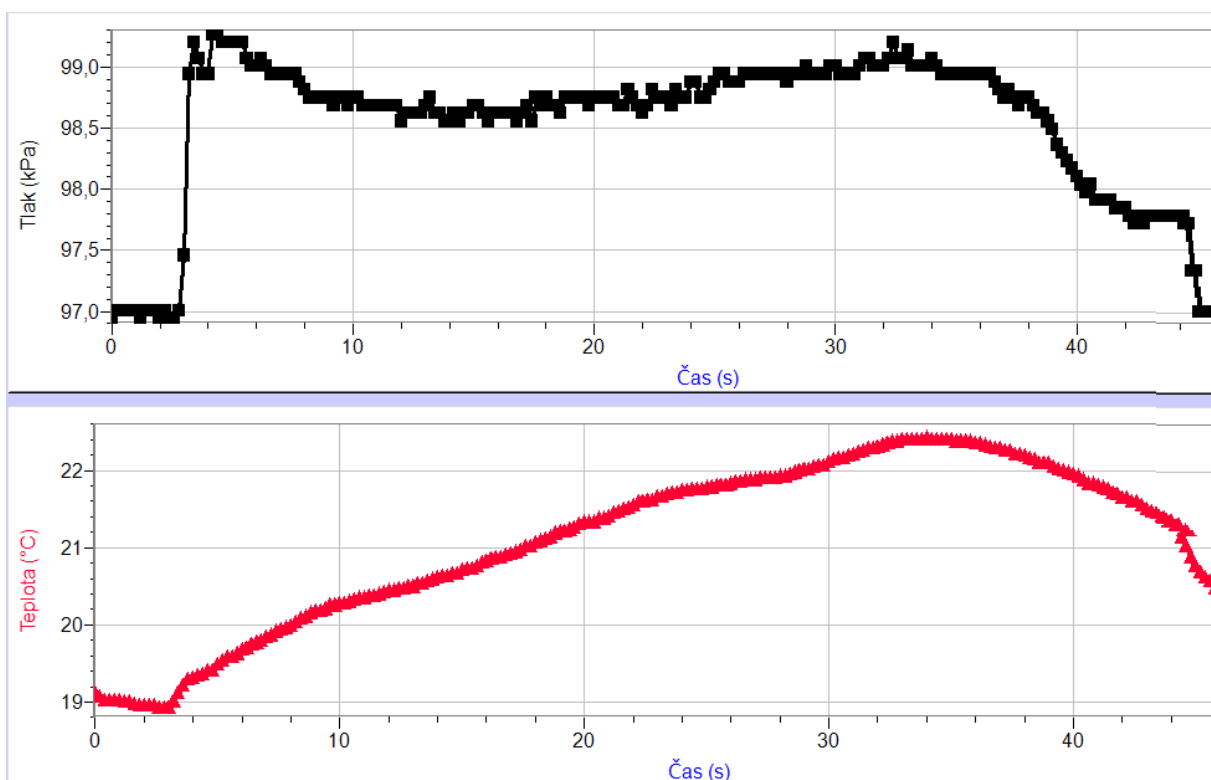
Graf 1: Nafukování středního balónku

Na dalším grafu je vidět, že při nafukování do rozumných rozměrů tlak vzduchu nedosáhne velikosti nutné pro počáteční nafouknutí. Při vyfukování se pak situace opakuje – těsně před vyprázdněním balónku dojde k rychlému zvýšení tlaku a následně k jeho okamžitému poklesu.



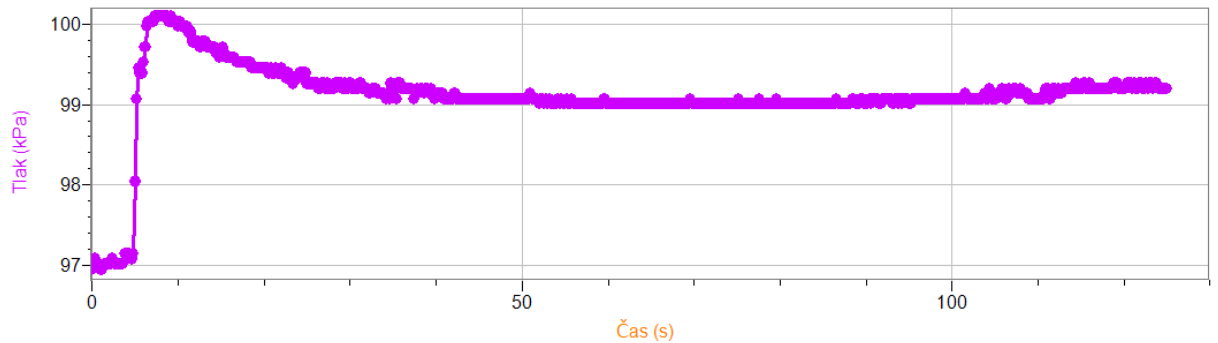
Graf 2: Nafukování a následné vyfukování středního balónku

U malého balónku se tlak vyvíjí poněkud jinak – počáteční zvýšení tlaku není zdaleka tak výrazné, zvýšení tlaku na konci prakticky žádné. Zde jsme měřili i teplotu vzduchu; nafukovali jsme pumpičkou. Je vidět, že teplota při nafukování roste (což bude asi nejvíc způsobeno stlačováním vzduchu v pumpičce) a při vyfukování klesá (zde už to bude díky expanzi plynu).



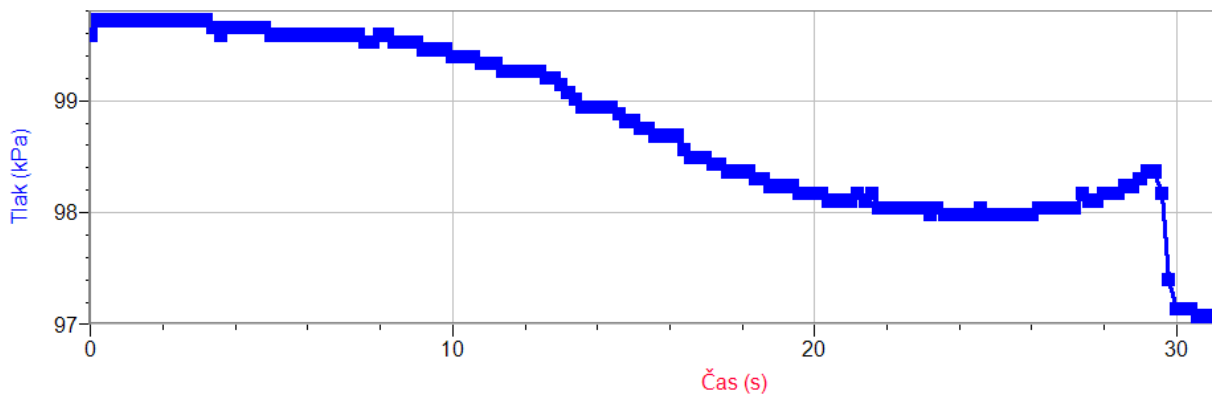
Graf 3: Nafukování a vyfukování malého balónku

Nejpodrobněji jsme zkoumali velký balónek o průměru 40 cm – 50 cm. Ukázalo se, že se opět chová jinak než střední balónek z prvního pokusu. Při nafukování je maximální tlak o něco menší, pak i méně poklesne, a po pozvolnějším poklesu už dále roste velmi pomalu.



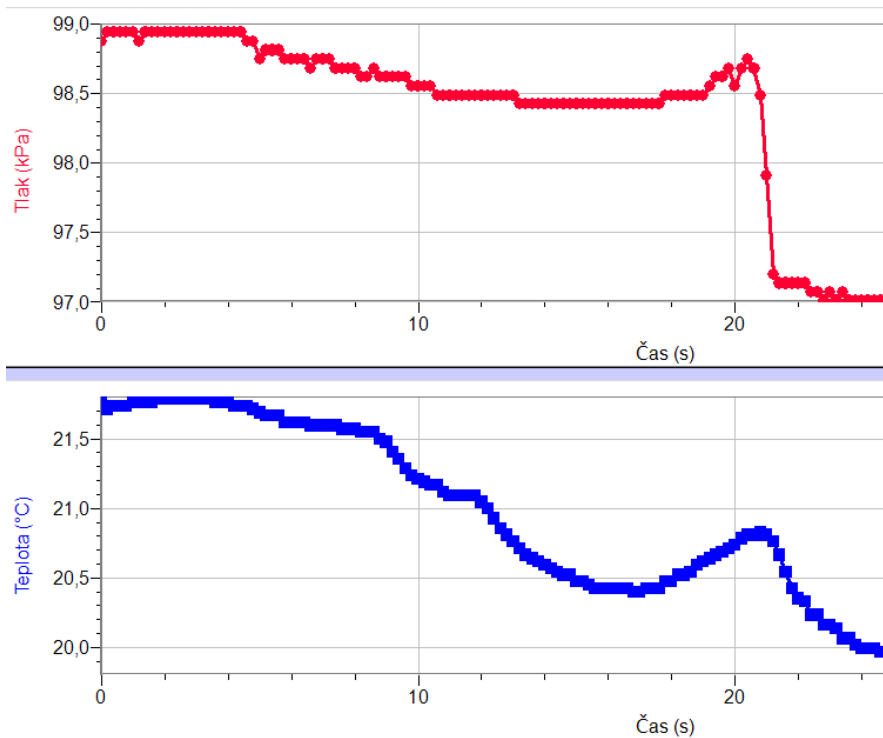
Graf 4: Nafukování velkého balónku

Při vyfukování se pak choval obdobně jako střední balónek.



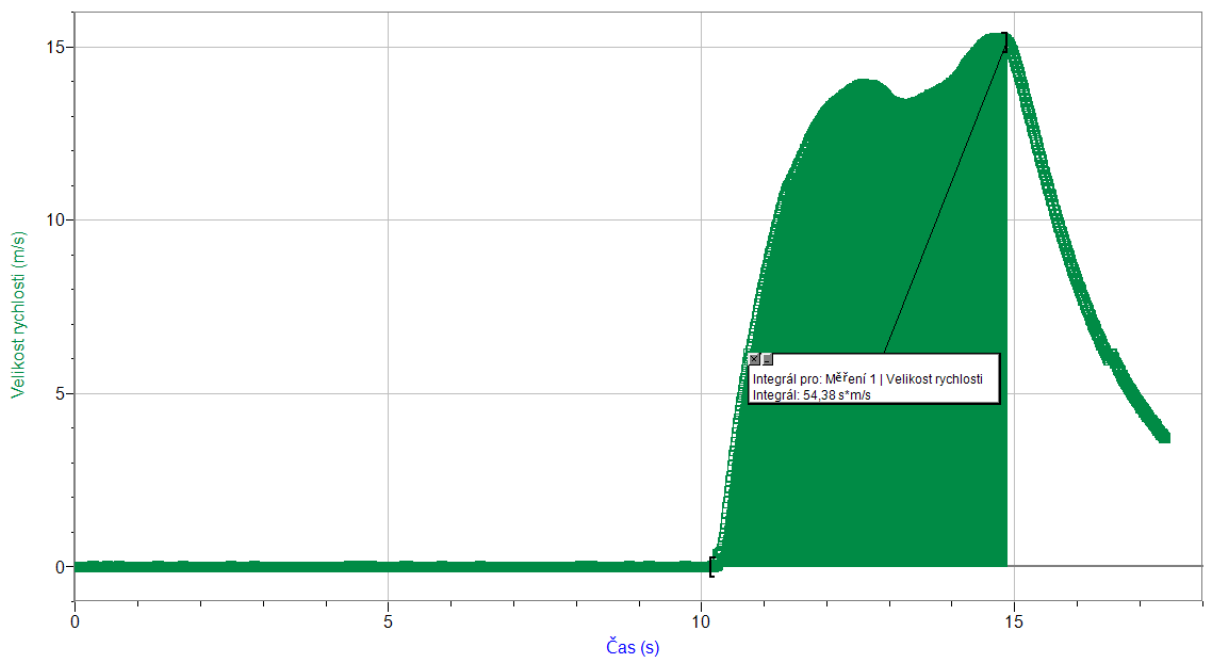
Graf 5: Vyfukování velkého balónku

Zajímavé bylo měření vývoje teploty při vyfukování – při závěrečném zvýšení tlaku vzrostla i teplota. To jsme si zdůvodnili pomocí stavové rovnice plynu, kdy se v daném okamžiku může jednat o děj podobný ději izochorickému a tedy teplota a tlak jsou si přibližně přímo úměrné.



Graf 6: Vyfukování velkého balónku – tlak i teplota

Dále jsme se rozhodli změřit rychlost vzduchu proudícího ven z balónku při jeho vyfukování. K tomu jsme použili anemometr umístěný před výfukový otvor balónku. Měření zjevně nebylo nejpřesnější; nebyli jsme s to zajistit, aby veškerý unikající vzduch procházel přes anemometr, a také jsme museli konstatovat, že anemometr má jistou setrvačnost a tedy ukáže (snad) správnou hodnotu až po nějakém čase roztáčení. Z výsledné křivky jsme udělali integrál a vypočítali objem vzduchu, který z balónku unikl, a porovnali ho s objemem vzduchu v balónku spočteným na základě jeho rozměrů.

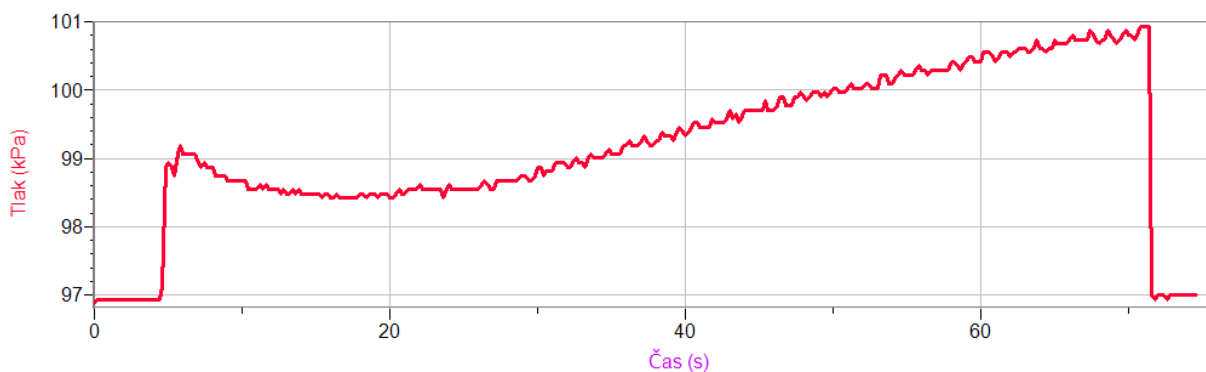


Graf 7: Rychlost vzduchu unikajícího z balónku

Průměr otvoru balónku je 1,6 cm, plocha otvoru je tak  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ . Integrál rychlosti je roven 54 m, součin tohoto integrálu a plochy otvoru by měl dát objem prošlého vzduchu. Výsledek je  $11 \text{ dm}^3$ . Na druhé straně průměr balónku je 0,40 m, vypočtený objem balónku je tedy  $34 \text{ dm}^3$ , tedy třikrát větší.

Tento nesoulad bychom rádi vysvětlili výše uvedenými skutečnostmi (ne všechny unikající vzduch prochází přes anemometr, který má navíc jistou setrvačnost), ale rozdíl je přece jen velký. Je ale možné, že během vypouštění trvajících necelých 5 s se anemometr vůbec nestihne roztočit na maximální rychlost a vypočtený objem prošlého vzduchu je tak menší. (Předpokládáme, že anemometr je spíše určen na měření stálé rychlosti větru než jejích náhlých změn.)

Posledním pokusem bylo nafukování balónku až do jeho prasknutí, přičemž jsme měřili tlak vzduchu uvnitř. Z naměřených hodnot je vidět, že balónek toho v podstatě moc nevydrží, praskne při přetlaku 4 kPa. Tedy přetlak v úvodu má poloviční hodnotu jeho pevnosti.



Graf 8: Nafukování malého balónku až do jeho prasknutí

Po provedení všech pokusů lze konstatovat, že jednotlivé balónky se od sebe svým chováním dosti liší, a to kus od kusu.