

62. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2020/2021

kategória A – celoštátne kolo

Text experimentálnej úlohy

1. Píšťala

Píšťaly sú základným prvkom radu dychových hudobných nástrojov, napr. klarinetu, flauty alebo organu. Zvuk vzniká v trubici rozochvením vzduchového stĺpca pri otvorení, do ktorého sa fúka, či ústami alebo z tlakového potrubia. Ako model uzatvorenej píšťaly použite valcovú fľašu s úzkym hrdlom (napr. plastovú fľašu od mlieka alebo od minerálky). Ak jemne alebo stredne silno fúkame na okraj hrdla fľaše kolmo na jej os, prúdom vzduchu sa rozkmitá tenká vrstva vzduchu v ústí fľaše a tá vytvára striedavý tlak na objem vzduchu vo fľaši a vyvolá jeho rezonanciu. Tá sa prejaví tým, že sa ozve akustický tón. Ukazuje sa, že výška tohto tónu závisí od objemu vzduchu vo fľaši.

Úlohou experimentu je zistiť, ako sa mení vlnová dĺžka generovaného zvuku so zmenou objemu vzduchu vo fľaši. Zmenu objemu vzduchu vo fľaši realizujte tak, že do fľaše budete postupne pridávať vodu, a tým budete objem vzduchu znižovať. Výsledkom úlohy je stanovenie závislosti vlnovej dĺžky λ generovaného zvuku od objemu V vody pridanej do pôvodne prázdnej fľaše.

Pomôcky

Fľaša valcového tvaru s úzkym hrdlom (napr. plastová fľaša od mlieka alebo minerálky) s objemom približne 1 liter; odmerka s jemnou stupnicou na meranie objemu pridanej vody (odmerný valec, kuchynskú odmerku, možno použiť aj kuchynskú váhu na meranie hmotnosti vody); pravítko s milimetrovou stupnicou; mobilný telefón s inštalovanou aplikáciou „Physics Toolbox Sensor Suite“ na meranie frekvencie zvuku.



Úlohy

- a) Zmerajte objem V_0 fľaše a frekvenciu f_0 tónu generovaného prázdnu fľašou. (2 body)
- b) Do fľaše postupne pridávajte vodu a meranie frekvencie f_n tónu opakujte. Vodu pridávajte po častiach s objemom $\Delta V = V_0/10$, takže uskutočnite meranie 10 frekvencií pre 10 rôznych hodnôt V_n objemu V vody vo fľaši. Na dosiahnutie dostatočnej presnosti merania, meranie každej frekvencie viackrát opakujte. Merania usporiadajte do prehľadnej tabuľky. (5 bodov)
- c) Ku každej zmeranej frekvencii tónu určte vlnovú dĺžku λ_n generovaného zvuku vo vzduchu. Pri výpočte uvažujte rýchlosť zvuku vo vzduchu $c = \sqrt{\frac{\kappa p}{\rho_v}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, kde κ je adiabatická konštanta, p tlak vzduchu a $\rho_v = 1,23 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ hustota vzduchu v miestnosti. (1 bod)
- d) Uvažujte zjednodušený fyzikálny model deja, ktorý má za následok vznik akustického tónu. Predpokladajte, že prúdom vzduchu sa rozkmitá vrstva vzduchu s objemom v v ústí fľaše, a tá pôsobí ako kmitajúci „piest“ na vzduch vo fľaši. Vzduch v nádobe potom predstavuje pneumatickú pružinu, v ktorej prebiehajú v dôsledku pohybu „piestu“ adiabatické zmeny tlaku. Odvodte vzťah pre frekvenciu kmitov „piestu“, a dokážte, že vlnová dĺžka λ generovaného tónu je priamoúmerná odmocnine objemu $(V_0 - V)$ vzduchu vo fľaši. (5 bodov)
- e) Zostrojte graf závislosti vlnovej dĺžky λ generovaného tónu od objemu vody V vo fľaši. Na základe odvodenej teoretickej závislosti zvolte veličiny na súradnicových osiach tak, aby grafom závislosti bola priamka. V grafe nakreslite najpravdepodobnejšiu priamku. Určte parametre tejto priamky. (5 bodov)
- Určte objem v kmitajúcej vrstvičky vzduchu v ústí fľaše („piestu“). (2 body)

62. ročník Fyzikálnej olympiády – Experimentálna úloha celoštátneho kola kategórie A

Autor návrhu úlohy:

Eubomír Mucha

Recenzia:

Aba Teleki, Ivo Čáp

Preklad textu úlohy do maďarského jazyka:

Aba Teleki

Redakcia:

Ivo Čáp

Vydal:

Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2021