

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

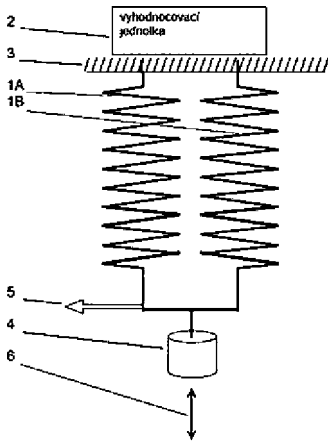
(21) Číslo přihlášky: 2021-579
(22) Přihlášeno: 17.12.2021
(40) Zveřejněno: 28.06.2023
(Věstník č. 26/2023)
(47) Uděleno: 20.06.2024
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 31.07.2024
(Věstník č. 31/2024)

(56) Relevantní dokumenty:
WO 2017105862 A1; US 5902964 A; US 3706018 A.

(73) Majitel patentu:
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,
Dejvice, CZ
(72) Původce:
Ing. Vladimír Hlaváč, Ph.D., Praha 4, Cholutice,
CZ
(74) Zástupce:
Ing. Václav Kratochvíl, Husníkova 2086/22, 158 00
Praha 5, Stodůlky

(54) Název vynálezu:
Výukový model úlohy závaží na pružině s
měřením délky pružiny

(57) Anotace:
Vynález se týká výukového modelu úlohy závaží (4) na pružině (1) s měřením délky pružiny (1), který obsahuje alespoň jednu pružinu (1), která je zapojena do elektrického obvodu jako cívka, ke které je připojeno vyhodnocovací zařízení (2) pro převod její indukčnosti na frekvenci, která je funkcí délky pružiny (1). Výukový model může obsahovat dvě pružiny (1), umístěné paralelně, které mají s výhodou navzájem opačný smysl otáčení. Délka pružiny (1) je průběžně vyhodnocována tím, že pružina (1) je v oscilátoru zapojena jako cívka a změny její indukčnosti s délkou jsou vyhodnocovány z naměřené frekvence.



Výukový model úlohy závaží na pružině s měřením délky pružiny

Oblast techniky

5

Vynález se týká modelu pro výuku základů fyziky na experimentálním modelu.

Dosavadní stav techniky

10

Možnost ověřit si teoretické vztahy z výuky experimentem je osvědčeným prostředkem, protože usnadňuje zapamatování vztahů. Praktický příklad tvoří zážitek a usnadňuje zapamatování.

15

Model závaží na pružině se tak nalezne v každé laboratoři, kde se na vysoké škole učí základy fyziky. Mnoho jich lze najít na internetu pod heslem „spring and mass system“. Většinou jsou tvořeny držákem, který tvoří horní závěs pružiny, na pružině je zavěšen ukazatel, a pod ním samotné závaží. Závaží je výměnné. Ukazatel ukazuje na stupnici, kde je možné zrakem odečíst aktuální polohu závaží. Pracuje se s kombinacemi pružiny a závaží, které vedou na netlumené kmity o frekvenci do cca 1 Hz, aby bylo možné krajní polohy odečíst. Perioda kmitu bývá většinou měřena také přímo studenty, kteří napočítají například deset průchodů rovnovážnou polohou ve stejném směru a celkovou dobu zjistí stopkami. Spočítat lze například tuhost pružiny, která by měla být pro různé hodnoty závaží stejná.

20

25

Důležitou variantou je doplnění tlumení, nejčastěji je na závaží zavěšen další objekt, který se například pohybuje v oleji, přičemž lze měnit druh oleje. Výsledný časový průběh kmitání lze opět porovnat s teorií. Aby jej ale bylo možné i vykreslit, musí se doplnit měření polohy.

30

Logickým řešením by bylo doplnění pisátka na ukazatel. Za pisátkem by se jednoduchým systémem posouval pás papíru, popřípadě otáčel buben s papírem. Toto řešení se nepodařilo v dostupné literatuře najít.

35

Typickým řešením je měření polohy ultrazvukem. Buď přímo závaží, což není možné při doplnění olejového tlumení, nebo je ukazatel na protilehlé straně doplněn ploškou, jejíž poloha se ultrazvukem měří. Měření je velmi přesné, spolehlivé a relativně levné. (Amrani, Djilali & P, Paradis. Use of Computer-Based Data Acquisition to Teach Physics Laboratories: Case study- Simple Harmonic Motion. Latin-American Journal of Physics Education. (2010), nebo Colm O'Sullivan, Adrian Landen and John Beechinor, Slavko Kocijancic: Enhancement of computerised experiments by means of spreadsheet macros. September 2003. Conference: GIREP International Seminar on Quality Development in Teacher Education and Training At: Udine, Italy, pp 560 – 563).

40

45

Určení polohy objektu, jehož vzhled lze upravit, je jednou z nejjednodušších úloh z rozpoznávání obrazu. Na závaží či ukazatel se doplní terčík obrácený ke kameře a jeho poloha se na snímku z kamery vyhledá. Lze vyhodnotit i nasnímaný kamerový záznam, kde je zajištěna pravidelnost obrázků.

50

Dražším řešením je doplnění LVDT snímače (<https://www.tequipment.com/free-vibration-of-a-mass-spring-system>). Ten má ovšem zpravidla jisté tření na místě, kde jsou jeho měřicí členy vedeny, čímž ovlivňuje experiment. Obdobně by šel použít odporový snímač polohy, který může mít v některých provedeních, například odporový drát – jezdec, dokonce nižší tření, než profesionální LVDT.

Pohon i měření indukčními cívkami, kdy se měří jen průchod a rychlost průchodu cívkou, je popsán v „Zeylikovich, I.S., Nikitin, A.V. & Vasilevich, A.E. Excitation and Detection of a

Nonlinear Resonance of Oscillations of a Spring-Mass System Using Electromagnetic Induction. Tech. Phys. 65, 1-6 (2020). <https://doi.org/10.1134/S1063784220010284>“.

V této úloze lze také měřit sílu na závěs tenzometrem. Je to dražší metoda a měří se jiná veličina, a ne tak názorná, ale pro ověření vypočtených hodnot to stačí (C.A. Triana F. Fajardo: Experimental study of simple harmonic motion of a spring-mass system as a function of spring diameter. Rev. Bras. Ensino Fis. 35 (4) • Dec 2013. Online: SciELO – Scientific Electronic Library Online, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000400005>).

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky jsou do značné míry odstraněny výukovým modelem úlohy závaží na pružině s měřením délky pružiny, podle tohoto vynálezu. Jeho podstatou je to, že obsahuje alespoň jednu pružinu, která je zapojena do elektrického obvodu jako cívka, ke které je připojeno vyhodnocovací zařízení pro převod její indukčnosti na frekvenci, odpovídající délce pružiny.

Výukový model obsahuje s výhodou dvě pružiny, které jsou umístěné paralelně.

V dalším výhodném provedení mají pružiny navzájem opačný smysl otáčení.

Řešení podle vynálezu využívá pro měření přímo samotnou pružinu. Pokud se pružina zapojí do vhodného oscilátoru, je její indukčnost závislá na délce:

$$L = \mu_0 K N^2 \frac{A}{\ell}$$

Indukčnost cívek se vzduchovým jádrem je poměrně malá, takže výsledná frekvence bude vysoká. Při experimentech s kruhovým oscilátorem, tj. zapojení tří invertujících hradel v sérii, kdy kruh je v jednom místě přerušen cívkou, byly získané frekvence 6 až 8 MHz.

Získaný výstupní signál, který se odebírá z oscilátoru v místě, kde ve spojení hradel není cívka, je obdélníkový a frekvence lze snadno změřit čítačem, osciloskopem apod.

Principem měření je možnost použití Arduina nebo jeho klonu, které má USB výstup, takže jej lze snadno připojit k počítači. Může dokonce odměřit celý průběh a data posílat tak, jak je schopen je připojený počítač zpracovávat. Výsledné řešení tak umožňuje vykreslit časový průběh experimentu. Tlumení, například umístěním dalšího kulovitého závaží, potopeného do oleje, je možné snadno doplnit, ale není součástí tohoto řešení.

Klon arduina stojí okolo 200 Kč, oscilátor je tvořen jedním integrovaným obvodem a často jej lze doplnit přímo na desku Arduina. Nejlevnější konkurenční řešení, měření ultrazvukem, stojí okolo 50 USD (<https://www.maxbotix.com/product-category/hrusb-maxsonar-ez-products>).

Problémem samotného zapojení je, že vodiče jsou ovlivňovány magnetickým polem cívky, tedy pružiny, a měření tedy není příliš přesné. Jako řešení se navrhuje použití dvou pružin v paralelním zapojení. Závaží visí na spojení obou pružin. Aby se pružiny jako cívky neovlivňovaly, je třeba, aby vytvářely magnetické pole souhlasného směru. Za tím účelem má jedna z pružin pravé a druhá levé stoupání, tj. pravý a levý závit.

Objasnění výkresů

Výukový model úlohy závaží na pružině s měřením délky pružiny podle tohoto vynálezu bude podrobněji popsán na konkrétních příkladech provedení, kde na obr. 1 je znázorněno schéma

jednoduššího provedení. Na obr. 2 je výsledná podoba laboratorní úlohy. Na obr. 3 je schéma kruhového oscilátoru a Arduina pro měření frekvence.

5 Příklady uskutečnění vynálezu

Výukový model úlohy závaží 4 na pružině 1 s měřením délky pružiny 1 obsahuje alespoň jednu pružinu 1, která je zapojena do elektrického obvodu jako cívka, ke které je připojeno vyhodnocovací zařízení 2 pro převod její indukčnosti na frekvenci, která odpovídá délce pružiny 1.

Na obr. 1 je znázorněno zjednodušené řešení. Toto řešení bylo vyzkoušeno s cívkami, tj. pružinami 1 o středním průměru 36 a 9 mm, motanými z drátu určeného pro svařování v ochranné atmosféře o průměru 0,8 mm², který má měděný povrch a dobře se připojuje na elektroniku. Bylo namotáno 30 závitů pružiny 1 o volné délce 120 mm. Pohyblivý přívod je tvořen měděným vodičem 7 typu lanko o průřezu 0,25 mm². Elektronické vyhodnocovací zařízení 2 je spolu s pružinou 1 uchyceno na pevné části experimentálního modelu tvořené závěsem 3. Na pružině 1 je závaží 4 pohybující se ve směru 6. U závaží 4 je ukazatel 5 pro snazší kalibraci výukového modelu.

Na obr. 2 je komplexnější provedení. Byly použity dvě cívky, tj. pružiny 1 o středním průměru 36 mm obdobné jako v prvním provedení. Každá pružina 1 – cívka má 24 závitů, přičemž jsou uchyceny s opačným smyslem vinutí, tj. pravá a levá. Volná délka pružiny 1 je okolo 90 mm a její délka při experimentu v rovnovážné poloze je okolo 130 mm. Uchycení pružin 1 je na závěsu 3 tvořeném dřevěným rámem. Vyhodnocovací zařízení 2 s integrovaným obvodem (74LS00) tvořícím kruhový oscilátor je z druhé strany závěsu 3 nosné konstrukce, co nejbližší zavěšení pružin 1 – cívek. Na pružinách 1 je závaží 4 pohybující se ve směru 6. U závaží 4 je ukazatel 5 pro snazší kalibraci výukového modelu.

Dosažené frekvence záleží zejména na počtu závitů a délce pružin 1 a pro uvedená zapojení byly od 4 MHz do téměř 11 MHz, tj. na mezi prodloužení pružin 1 na délku, kdy ztrácí schopnost se vrátit zcela zpět.

Pokud je pružina 1 motaná těsně a hrozí, že jednotlivé závity se dotknou, musí být vodič, ze kterého jsou pružiny 1, izolován. Postačuje přelakování. Při vzájemném dotyku závitů jinak prudce klesá indukčnost a tedy stoupá výstupní frekvence oscilátoru.

Na obr. 3 je elektrické schéma použitého oscilátoru.

40

Průmyslová využitelnost

Výukový model podle tohoto vynálezu je určen pro použití při výuce fyziky, ať již na středních, nebo v prvních ročnících vysokých škol, kde může zastoupit zejména dražší přístroje s měřením ultrazvukem, přičemž navržené řešení je především velmi levné a zařízení lze snadno připojit k PC, případně nahradit starší přípravky bez přímého výstupu do počítače. Oproti měření ultrazvukem je možné dosáhnout robustnější konstrukce, protože jediné přístupné části mohou být pružiny a závaží, zatímco elektronika může být zabudována a chráněna v závěsu.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Výukový model úlohy závaží (4) na pružině (1) s měřením délky pružiny (1), **vyznačující se tím**, že obsahuje alespoň jednu pružinu (1), která je zapojena do elektrického obvodu jako cívka, ke které je připojeno vyhodnocovací zařízení (2) pro převod její indukčnosti na frekvenci odpovídající délce pružiny (1).

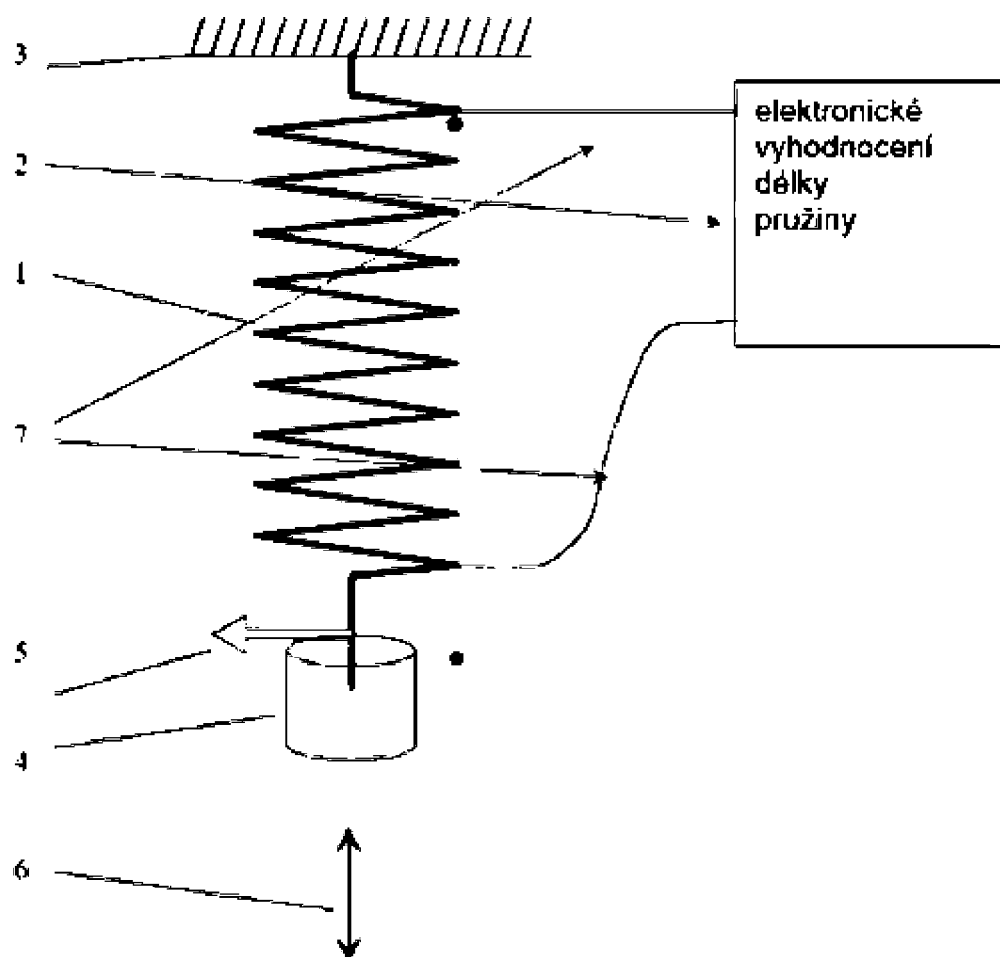
2. Výukový model podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje dvě pružiny (1), umístěné paralelně.

3. Výukový model podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že pružiny (1) mají navzájem opačný smysl otáčení.

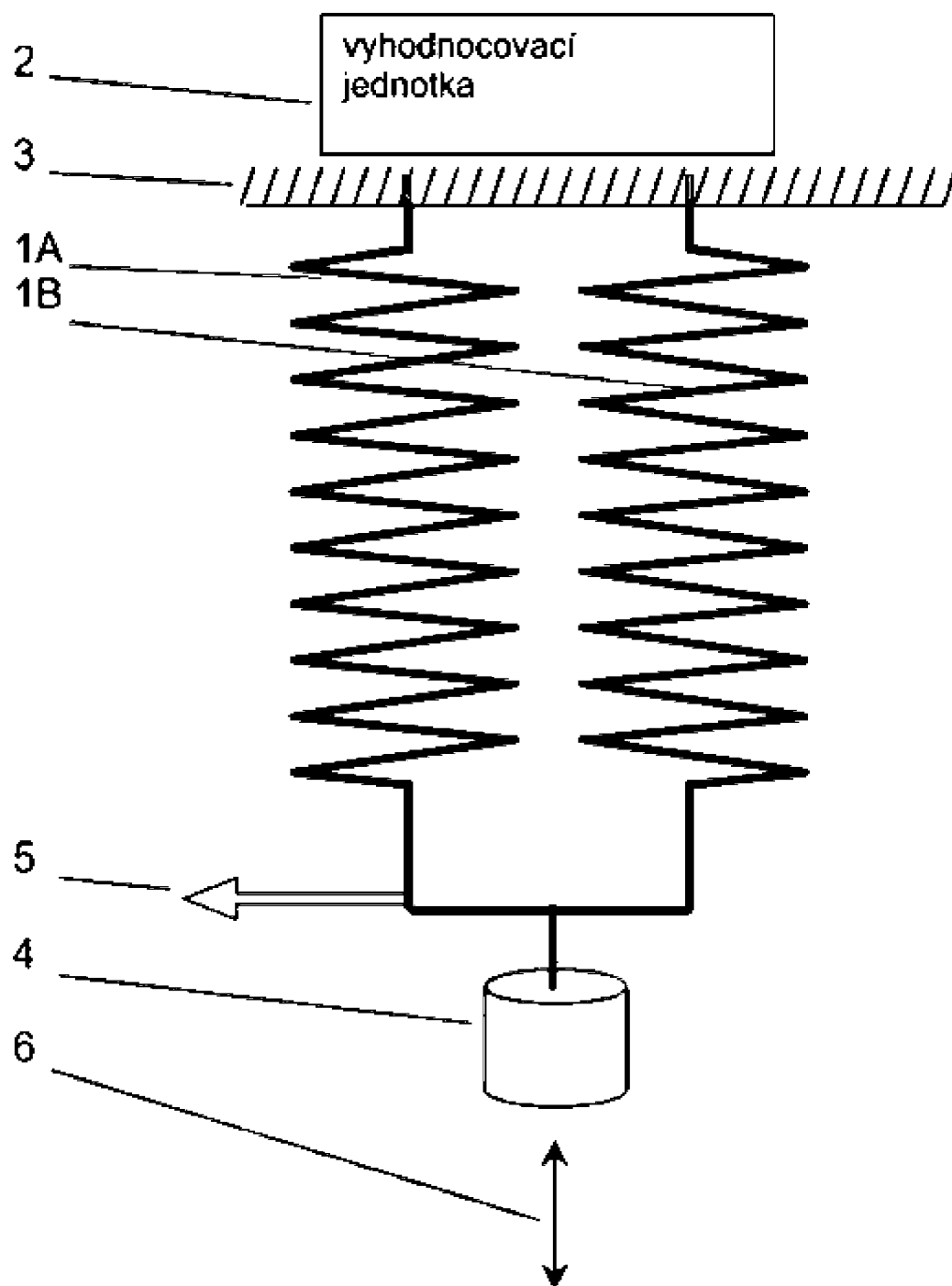
3 výkresy

Seznam vztahových značek:

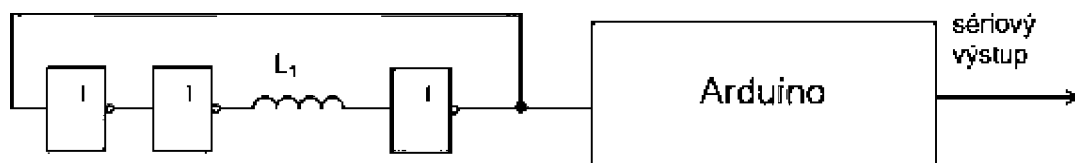
- 1 – pružina
- 2 – vyhodnocovací zařízení
- 3 – závěs
- 4 – závaží
- 5 – ukazatel
- 6 – směr
- 7 – vodič



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3