



ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
Fakulta elektrotechniky
a informačných technológií

NÁVODY K LABORATÓRNÝM CVIČENIAM 1

Gabriela Tarjányiová, Tomáš Mizera

Žilinská univerzita v Žiline
EDIS-vydavateľstvo UNIZA
2023



ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

Fakulta elektrotechniky a informačných technológií

RNDr. Gabriela Tarjániová, PhD., Ing. Tomáš Mizera, PhD.

NÁVODY K LABORATÓRNÝM CVIČENIAM 1

Žilinská univerzita v Žiline
EDIS-vydavateľstvo UNIZA
2023

Vydanie tejto publikácie bolo finančne podporené projektom KEGA č. 023ŽU-4/2021:
Rozvoj intelektuálnych spôsobilostí a manuálnych zručností v STEM vzdelávaní.

Recenzenti prof. Mgr. Ivan Martinček, PhD.
RNDr. Zuzana Gibová, PhD.

© Gabriela Tarjániová, Tomáš Mizera, 2023

ISBN 978-80-554-2044-8

MERANIE A JEHO NEISTOTA

Úlohy

- A. Určenie reakčného času na základe vizuálneho stimulu
- B. Určenie objemu valca

A. Určenie reakčného času na základe vizuálneho stimulu

Teoretický úvod

Čas je jednou zo základných veličín v medzinárodnej sústave jednotiek SI. Jednotkou času je sekunda s . Čas je veličina, ktorá sa neustále mení a nedá sa spätne reprodukovať. **Reakčný čas** patrí do štruktúry pohybových schopností. Je to časový interval medzi fyzickým stimulom a uskutočnením požadovanej reakcie. Reakčný čas je pre väčšinu osôb menší ako 200 ms. Toto je však príliš krátky interval na to, aby bol spoľahlivo meraný stopkami, a navyše, celé meranie by sa skomplikovalo nutnosťou uvažovať aj s reakčným časom osoby, ktorá by čas merala.

Experimentátori často čelia problému, keď majú zmerať veličiny, ktorých hodnoty sú také malé, že sa pohybujú na hranici alebo pod hranicou presnosti akéhokoľvek dostupného meracieho zariadenia. Jediným z možných riešení je zvoliť vhodnú metódu merania.

V tomto experimente budeme určovať čas potrebný na zachytenie pravítka, ktoré bolo náhle uvoľnené z ruky druhej osoby, takže po uvoľnení sa pohybovalo voľným pádom. Časový interval od začiatku pádu do okamihu zachytenia pravítka bude považovaný za reakčný čas osoby chytajúcej pravítka. Na určenie reakčného času budú použité zákony mechaniky. Po uvoľnení pravítka uchopeného rukou sa pravítka vplyvom gravitácie pohybuje k zemi voľným pádom. Ide o rovnomerne zrýchlený pohyb so zrýchlením $g = 9,806 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Keďže začiatková rýchlosť pravítka je nulová, vzdialenosť, o ktorú klesne za časový interval t , je určená vzťahom

$$s = \frac{1}{2}gt^2. \quad (1)$$

Z tohto vzťahu medzi časom a dráhou pri rovnomerne zrýchlenom pohybe môžeme vypočítať dobu pádu pravítka, t. j. reakčný čas osoby chytajúcej pravítka

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}. \quad (2)$$

Ak je pravítka držané vo zvislej polohe a testovaný študent je pripravený zachytiť ho medzi palcom a ukazovákom, pričom palec je nastavený nad referenčnú polohu s' , potom je dráha voľného pádu pravítka

$$s = s'' - s', \quad (3)$$

kde s'' charakterizuje polohu palca po zachytení pravítka. Dobu voľného pádu pravítka potom vypočítame dosadením s do vzťahu (2).

Ostáva nám ešte zamyslieť sa, či táto metóda má potenciál dosiahnuť úroveň presnosti potrebnú na meranie takto krátkych časových intervalov. Väčšina z ľudí si nevie predstaviť časový interval na úrovni dvoch alebo troch desiatín sekundy. Ľudia sú zvyknutí vnímať časy na úrovni sekúnd, minút, hodín, atď. Na lepšie pochopenie, čo takýto krátky čas predstavuje, je možné tento čas previesť do jazyka vzdialenosti voľného pádu nášho pravítka. Predpokladáme, že málokteré pozorované časy budú kratšie ako 100 ms. Zo vzťahu (1) môžeme určiť, že tejto hodnote zodpovedá dráha rovná približne 5 cm. Ak dráhu s dokážeme stanoviť s chybou okolo 0,5 cm (10 %), dá sa očakávať neistota určenia času t na úrovni 5 %. To je preto, lebo pri propagácii neistoty druhá odmocnina redukuje neistotu na polovicu.

Pomôcky

Pravítko s dĺžkou 50 cm.

Postup merania

1. Každý študent uskutoční niekoľko skúšobných pokusov za účelom určenia čo najlepšej techniky postupu pri púšťaní a chytaní pravítka. Jeden študent drží pravítko a jeho partner je pripravený zachytiť ho čo najrýchlejšie po tom, čo bolo uvoľnené. Pravítko musí byť uvoľnené bez varovania.
2. Následne meranie opakujeme 50-krát. Odporúčame, aby sa študenti striedali minimálne po desiatich meraniach. Toto by malo pomôcť redukovat únavu chytajúceho a takisto znížiť pravdepodobnosť podvedomého osvojenia si náznakov, ktoré by chytajúcej osobe umožnili predvídať okamih vypustenia pravítka. Namerané hodnoty pozícií palca na pravítku s'_i, s''_i zaznamenávame do tabuľky 1 s presnosťou na najmenší dielik.

Tabuľka 1.

i	s''_i (m)	s'_i (m)	s_i (m)	t_i (s)	$\Delta_i = (\bar{t} - t_i)$ (s)	$\Delta_i^2 = (\bar{t} - t_i)^2$ (s ²)
1						
2						
⋮						
n						
				$\bar{t} = \dots$		$\sum \Delta_i^2 = \dots$

Vyhodnotenie merania

1. Z nameraných začiatočných s_i' a konečných s_i'' pozícií palca na pravítku určíme zo vzťahu (3) dráhy voľného pádu s_i .
2. Z určených hodnôt dráh s_i vypočítame podľa vzťahu (2) k nim prislúchajúce reakčné časy voľného pádu t_i .
3. Vypočítané hodnoty časov znázorníme vo forme histogramu v tabuľkovom procesore.
4. Preskúmame zostrojený histogram a vylúčime z neho všetky hodnoty, ktoré sa javia nesprávne. Za nesprávne hodnoty môžu byť považované neprimerane krátke alebo dlhé časové intervaly. Výskyt takýchto hodnôt môže byť spôsobený tým, že v niektorých prípadoch chytajúci z náznakov uhádol moment vypustenia pravítka, alebo niečo mohlo rozptýliť pozornosť chytajúceho študenta.
5. Potom z vypočítaných časových intervalov t_i vypočítame priemernú hodnotu \bar{t} . Vypočítaný priemer zakreslíme do histogramu.
6. Vypočítame výberovú smerodajnú odchýlku jedného merania času pomocou vzťahu

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum(\bar{t} - t_i)^2}{n - 1}}.$$

Zakreslíme interval $(\bar{t} - \sigma_t, \bar{t} + \sigma_t)$ do histogramu a skontrolujeme, či približne 68,4 % hodnôt patrí do tohto intervalu.

7. Vypočítame strednú kvadratickú odchýlku aritmetického priemeru pomocou vzťahu

$$\sigma_{\bar{t}} = \frac{\sigma_t}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum(\bar{t} - t_i)^2}{n(n - 1)}}.$$

8. Výsledok merania uvádzame vo výslednom tvare $t = (\bar{t} \pm \sigma_{\bar{t}})$.

B. Určenie objemu valca

Teoretický úvod

Objem je veľkosť priestoru, ktorý vyplní, alebo zaberá nejaké teleso. Matematicky je objem miera charakterizujúca časť priestoru. Fyzikálnu veličinu objem označujeme V a jej jednotka v medzinárodnej sústave jednotiek SI je meter kubický m^3 . Jednotka objemu liter l ($1l = 1 dm^3$) je vedľajšou jednotkou a jej používanie je medzinárodne povolené.

Objem kvapaliny alebo pevnej látky je možné určiť priamo pomocou odmerného valca, čo je plastová alebo sklenená dutá nádoba s mierkou. Nepriamo sa objem telesa určuje pomocou veličín, od ktorých táto fyzikálna veličina závisí, t. j. určuje sa výpočtom zo známych hodnôt rozmerov telesa. Objem valca V môžeme určiť meraním jeho priemeru d (polomeru r) a výšky h pomocou vzťahu

$$V = \pi r^2 h = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h. \quad (4)$$

Nepriame meranie bolo použité aj v prípade určenia reakčného času, ktorý závisel len od jednej priamo meranej veličiny, úloha po A. Ak však meraná fyzikálna veličina závisí od viacerých priamo meraných veličín, ako je to v prípade určenia objemu, pri určovaní jej neistoty, tzv. neistota nepriameho merania, postupujeme nasledovne. V prípade valca priamo zmeriame jeho priemer a výšku a určíme stredné kvadratické odchýlky aritmetického priemeru $\sigma_{\bar{h}}, \sigma_{\bar{d}}$. Výslednú neistotu objemu určíme pomocou vzťahu

$$\sigma_{\bar{V}} = \sqrt{\left(\frac{\partial \bar{V}}{\partial \bar{d}}\right)^2 (\sigma_{\bar{d}})^2 + \left(\frac{\partial \bar{V}}{\partial \bar{h}}\right)^2 (\sigma_{\bar{h}})^2}. \quad (5)$$

Po dosadení platí

$$\sigma_{\bar{V}} = \sqrt{\left(\frac{\pi \bar{d} \bar{h}}{2}\right)^2 (\sigma_{\bar{d}})^2 + \left(\frac{\pi \bar{d}^2}{4}\right)^2 (\sigma_{\bar{h}})^2} = \bar{V} \sqrt{\left(\frac{2}{\bar{d}}\right)^2 (\sigma_{\bar{d}})^2 + \left(\frac{1}{\bar{h}}\right)^2 (\sigma_{\bar{h}})^2}, \quad (6)$$

kde \bar{V} je najpravdepodobnejší objem valca vypočítaný z priemerných hodnôt priemeru \bar{d} a výšky \bar{h} . Tento vzťah (6) nám umožňuje zistiť, ktorá z priamo meraných veličín (priemer alebo výška) sa podieľa na výslednej neistote určenia objemu viac. Rozhoduje o tom to, ktorý z dvoch členov pod odmocninou vo vzťahu (6) je väčší. Z toho vieme usúdiť, ktorú z priamo meraných veličín (priemer alebo výšku) máme predovšetkým merať presnejšie, ak potrebujeme zmenšiť nepresnosť určenia objemu valca.

Pomôcky

Teleso pravidelného valcovitého tvaru, mikrometrické meradlo, posuvné meradlo.

Postup merania

1. Vybraným typom meradla uskutočníme 10 meraní výšky valca h a druhým typom meradla 10 meraní priemeru valca d .
2. Hodnoty výšok h_i a priemerov valca d_i zaznamenávame do tabuliek 2 a 3.

Tabuľka 2.

i	h_i (m)	$\Delta_i = (\bar{h} - h_i)$ (m)	$\Delta_i^2 = (\bar{h} - h_i)^2$ (m ²)
1			
2			
⋮			
n			
	$\bar{h} = \dots$		$\sum \Delta_i^2 = \dots$

Tabuľka 3.

i	d_i (m)	$\Delta_i = (\bar{d} - d_i)$ (m)	$\Delta_i^2 = (\bar{d} - d_i)^2$ (m ²)
1			
2			
⋮			
n			
	$\bar{d} = \dots$		$\sum \Delta_i^2 = \dots$

Vyhodnotenie merania

1. Z nameraných hodnôt výšky h_i a priemeru valca d_i vypočítame aritmetické priemery \bar{h} , \bar{d} a k nim prislúchajúce stredné kvadratické odchýlky aritmetického priemeru $\sigma_{\bar{h}}$, $\sigma_{\bar{d}}$.
2. Vypočítame najpravdepodobnejšiu hodnotu objemu valca \bar{V} podľa vzťahu (4), pričom za hodnoty výšky a priemeru valca dosadzujeme aritmetické priemery jednotlivých rozmerov \bar{h} , \bar{d} .
3. K vypočítanému objemu \bar{V} stanovíme prislúchajúcu neistotu objemu $\sigma_{\bar{V}}$ pomocou vzťahu (6).
4. Výsledky uvádzame vo výslednom tvare

$$h = (\bar{h} \pm \sigma_{\bar{h}}), d = (\bar{d} \pm \sigma_{\bar{d}}), V = (\bar{V} \pm \sigma_{\bar{V}}).$$

Za odbornú náplň tohto vydania zodpovedá odborný redaktor prof. Ing. Dušan Pudiš, PhD.

Autori RNDr. Gabriela Tarjániová, PhD., Ing. Tomáš Mizera, PhD.

Názov **Návody k laboratórnym cvičeniam 1**

Vydala Žilinská univerzita v Žiline v EDIS-vydavateľstve UNIZA v roku 2023
ako svoju 4933. publikáciu

Vydanie prvé, publikované elektronicky

AH 10,14

ISBN 978-80-554-2044-8

Rukopis vo vydavateľstve neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

www.edis.uniza.sk