

Měření součinitele odporu pláště kužele

Zadání: změřte součinitel odporu tělesa tvaru pláště kužele, který spustíte k zemi z výšky h

Pomůcky: metr, pravítko, kružítko, tužka, nůžky, lepicí páska, papír, stopky, kalkulačka

Teorie:

V pokusu tohoto projektu se jedná o to, že z nějaké výšky h upustíme papírové těleso tvaru pláště kužele vrcholem k zemi. Zpočátku se jeho pohyb bude zrychlovat, ale jak se s rostoucí rychlostí bude navyšovat i síla odporu proti pohybu tělesa, tak se vyrovnají během nějaké chvíle síly odporu vzduchu F_o a tíhová síla F_G a důsledkem toho se těleso bude pohybovat rovnoměrným pohybem svisle k zemi. Změříme-li tedy dobu t , za kterou těleso spadne z výšky h (v této výšce bude už mít těleso rovnoměrný pohyb, protože ho spustíme z vyšší výšky než je h) až k doteku vrcholu tělesa se zemí, můžeme poté vypočítat rychlost v ze vztahu $v = h/t$. Měření času provedeme vždy 10x.

Při rovnoměrném přímočarém pohybu je výslednice sil nulová, tudíž tíhová síla působící ve směru pohybu má stejnou velikost jako síla odporu působící proti směru pohybu.

$$F_g = F_o$$

$$mg = C \frac{1}{2} S_p v^2$$

$$C = \frac{2mg}{S_p v^2}$$

kde m je hmotnost papírového tělesa, kterou buď dostaneme zvážením tělesa pomocí váhy nebo výpočtem z plochy pláště tělesa S_{pl} a z plošné hustoty použitého papíru $\rho_p = 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ je normální tíhové zrychlení, ρ je hustota vzduchu v místě provádění pokusu, S_p je plocha podstavy tělesa a v je rychlost rovnoměrného pohybu, kterou spočítáme z délky sledovaného úseku h a z doby t za kterou dopadne vrchol tělesa na zem. Z toho vyplývá, že

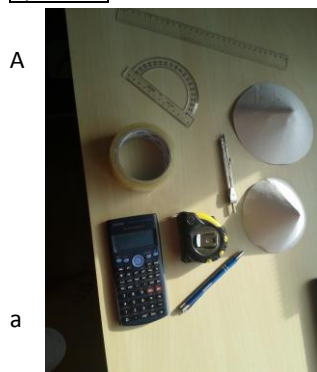
$$C = \frac{2S_{pl}\rho_p g t^2}{S_p \rho h^2}$$

Potup:

- 1) Vezmeme si papír, pomocí pravítka, kružítko a tužky si na papír narýsujeme dvě kruhové výseče, jednu s vrcholovým úhlem 270° a druhou s vrcholovým úhlem 225° , poté kruhovou výseč pomocí nůžek vystříhneme a pomocí lepicí pásky slepíme hrany kruhové výseče k sobě.

Následně si vypočítáme plochu pláště jako plochu tří čtvrtin kruhu (u vrcholového úhlu 270°) anebo jako plochu pěti osmin kruhu (u vrcholového úhlu 225°) o poloměrech $s=0,1\text{m}$:

$$S_{pl} = \pi \times s^2$$



A

nakonec plochu podstavy pláště, která má poloměr $r = \frac{3}{4}s$ (u vrcholového úhlu 270°) anebo poloměr $r = \frac{5}{8}s$ (u vrcholového úhlu 225°), z čehož vyplývá, že:

pro těleso s vrcholovým úhlem 270° platí vztah:

$$S_p = \frac{9}{16} S_{pl}$$

a

pro těleso s vrcholovým úhlem 225° platí vztah:

$$S_p = \frac{25}{64} S_{pl}$$

- 2) V tuto chvíli si můžeme vypočítat hustotu vzduchu v místě provádění pokusu a to ze vzorce:

$$\rho = \frac{\rho_0 \cdot p}{1 + \gamma t_v \cdot p_0}$$

kde $\rho_0 = 1,293 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ je hustota vzduchu za normálních podmínek, tj. při tlaku $p_0 = 101,3 \text{ kPa}$ a teplotě $t_0 = 0^\circ\text{C}$, dále potřebujeme odečíst z teploměru teplotu v místnosti $t = 20,6 \text{ }^\circ\text{C}$, tlak vzduchu v době pokusu $p = 1013 \text{ hPa}$, který získáme z meteorologického webu pro HK a nakonec budeme potřebovat součinitel teplotní roztažnosti vzduchu $\gamma = 0,00367 \text{ K}^{-1}$

- 3) Když už máme vytvořená tělesa a zjištěné všechny vzorce, můžeme si vyznačit úsek, ve kterém budeme měřit dobu t , kterou urazí těleso od průletu výškou h a dopadem vrcholu tělesa na zem.

A tak si například napneme provázek nebo si vyznačíme nějak jinak výšku h , od které budeme zapínat stopky. Nesmíme, ale zapomenout, že těleso musíme pouštět z vyšší výšky než je výška h , aby se pohyb tělesa ustálil na rovnoměrném přímočarém pohybu, a tak si vyznačíme ještě nějakou výšku h_0 , která bude cca o 0,5m výše než výška h .

4) Získané hodnoty dosadíme do vzorců a výsledky si zapíšeme do tabulky

Výsledky s vrcholovým úhlem výseče 270°

Číslo měření	$\frac{h}{m}$	$\frac{t}{s}$	c
1	1	0,77	1,37
2	1	0,78	1,41
3	1	0,73	1,23
4	1	0,77	1,37
5	1	0,8	1,48
6	1	0,71	1,17
7	1	0,8	1,48
8	1	0,71	1,17
9	1	0,76	1,34
10	1	0,78	1,41
11	1,5	0,99	1,01
12	1,5	1,08	1,2
13	1,5	0,96	0,949
14	1,5	1	1,03
15	1,5	1	1,03
16	1,5	0,98	0,989
17	1,5	0,95	0,929
18	1,5	1,16	1,39
19	1,5	1,1	1,25
20	1,5	1,06	1,16
21	2	1,35	1,06
22	2	1,44	1,2
23	2	1,34	1,04
24	2	1,33	1,02
25	2	1,35	1,06
26	2	1,47	1,25
27	2	1,33	1,02
28	2	1,46	1,23
29	2	1,4	1,14
30	2	1,33	1,02

Komentář [O1]: Měření C přece nemá záviset na výšce h. Logické je pro daný kužel vše hodit do jedné tabulky a dát jedno výsledné C s chybou. U toho 1 m mě velmi překvapuje malá chyba při měření času stopkami.

C=(1,18±0,16) s relativní chybou 13,6%

Výsledky s vrcholovým úhlem 225°

Číslo měření	$\frac{h}{m}$	$\frac{t}{s}$	c
1	1	0,51	0,867
2	1	0,54	0,972
3	1	0,61	1,24
4	1	0,59	1,16
5	1	0,6	1,2
6	1	0,53	0,936
7	1	0,6	1,2
8	1	0,58	1,12
9	1	0,58	1,12
10	1	0,51	0,867
11	1,5	0,8	0,948
12	1,5	0,84	1,05
13	1,5	0,88	1,15
14	1,5	0,84	1,05
15	1,5	0,79	0,925
16	1,5	0,88	1,15
17	1,5	0,83	1,02
18	1,5	0,86	1,1
19	1,5	0,83	1,02
20	1,5	0,84	1,05
21	2	1,05	0,919
22	2	1,03	0,884
23	2	1	0,834
24	2	1,04	0,901
25	2	1,08	0,972
26	2	1	1,01
27	2	1,1	0,834
28	2	1,05	0,919
29	2	1,07	0,954

30	2	1,06	0,936
----	---	------	-------

$C=(1,01\pm 0,12)$ s relativní chybou 11,9%

Závěr: Myslím si, že se mi projekt povedl, protože výsledky podle mých dostupných informací vyšly překvapivě dobře (zdroj informací je náš úžasný pan učitel Lev). Vypracování tohoto projektu mi ukázalo trochu jiný pohled na fyziku, protože tím, jak jsem tento projekt od základu musel vypracovat sám, tak mě bavilo dělat pokusy, dal do toho mnoho sil a hlavně mi to ukázalo, že fyzika je vlastně jen takové hraní si. Když se to vezme kolem a kolem tak vlastně práce na tomto projektu ve mně rozpálila zájem o fyziku. Se svojí prací jsem spokojen a myslím, že se mi projekt povedl.

