

Úloha I.E ... dopadová

13 bodů; (chybí statistiky)

Změřte závislost průměru krátera, vzniklého dopadem kamene do vhodného pískoviště, na hmotnosti kamene a na výšce vypuštění. Závisí velikost krátera jenom na energii dopadu? Doporučujeme měřit, když je písek suchý. *Dodo se vrátil do dětství.*

Teória

Veľkosť krátera vzniknutého dopadom telesa do piesku závisí na kinetickej energii telesa, jeho veľkosti, ale aj zložení. Významne ju ovplyvňujú aj vlastnosti použitého piesku, napríklad jeho vlhkosť a tiež veľkosť pieskových častíc. Vznik krátera v dôsledku dopadu sa nazýva impaktný proces. Ten môžeme rozdeliť na tri časti 1. Dotyk, kompresia Počas tejto fázy dochádza k premene kinetickej energie dopadajúceho telesa na energiu seizmických vln a teplo. V mieste dopadu dochádza k stlačeniu piesku (vznik prechodnej dutiny) a jeho vyvrhnutiu do strán od miesta dopadu. Kinetická energia E_k dopadajúceho telesa je daná jeho hmotnosťou m a rýchlosťou v ako

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2.$$

2. Vznik dutiny Šoková vlna zoslabne a stlačený piesok je opäť vyvrhnutý do okolia. Pri rýchlostiach, ktoré kameň dosiahne, vzniká dopadový kráter. Tvar krátera závisí jednak na uhle dopadu telesa a tiež na rýchlosti, ak nedopadá kolmo. 3. Dotváranie tvaru krátera Vyvrhnutý materiál sa vplyvom gravitácie vracia zosúvaním späť do vyhlbenej dutiny a vzniká finálny kráter.

Objem vyvrhnutého materiálu V by mal byť úmerný kinetickej energii dopadajúceho telesa, v našom prípade kameňa. Kinetickú energiu kameň získa voľným pádom z určite výšky h , keď sa jeho potenciálna energia E_p zmení na kinetickú. Teda

$$E_k = E_p = mgh.$$

Keďže nemeríme objem vyvrhnutého materiálu, ale iba jeho priemer d , teda jeden rozmer, priemer by mal byť potom úmerný tretej odmocnine potenciálnej energie

$$d = \sqrt[3]{mgh}.$$

Meranie

Pre meranie sme si vybrali postupnosť desiatich kameňov s rastúcou veľkosťou, ktorej zodpovedá aj rastúca hmotnosť (obr. kamene-vsetky). Jednotlivé kamene sme označili číslami od 1 do 10. Používali sme tiež dva metre, oba s veľkosťou najmenšieho dielika 1 mm. Pomocou jedného z nich sme určovali výšku vypustenia kameňa nad zemo a druhý slúžil ako mierka pri vzniknutých kráteroch. Kráter sme si vždy po odstránení kameňa odfotili čo najviac kolmo zhora spolu s metrom ako mierkou.

Hmotnosti kameňov sme zmerali digitálnymi váhami, pričom každý kameň sme vážili trikrát a na záver vypočítali priemernú hodnotu a štatistickú odchýlku merania. Do celkovej odchýlky merania hmotnosti sme započítali aj nepresnosť váh. Pre menšie kamene sme veľmi zhruba zmerali tiež ich objem, a to ponorením do vody v odmernom valci a porovnaním objemov vo valci pred a po ponorení kameňa. Vzhľadom na veľký najmenší dielik stupnice odmerného valca (5 ml), je toto meranie zaťažené veľkou chybou. Umožňuje nám však aspoň približne určit hustotu použitých kameňov. Všetky tieto charakteristiky kameňov sú uvedené v tabuľke 1.

Tab. 1: Charakteristiky kameňov

$kame$	$\frac{m}{g}$	$\frac{\Delta m}{g}$	$\frac{V}{ml}$	$\frac{\rho}{g \cdot cm^{-3}}$
1	2,85	0,01	1,5	1,7
2	7,04	0,01	3,5	2,0
3	14,58	0,01	5	2,9
4	26,48	0,01	10	2,6
5	44,18	0,02	17	2,6
6	57,28	0,02	22,5	2,5
7	87,43	0,02		
8	165,85	0,01		
9	589	2		
10	976	2		

Fotografie kráterov sme následne spracovali v programe ImageJ. Pri každej fotografii sme najprv kalibrovali mierku pomocou vyfoteného pravítka (použili sme z neho vždy 10 cm). Následne sme zmerali priemer krátera v troch smeroch. Keďže kamene sú nesúmerné, tak aj krátery. Preto sme jeden priemer zmerali v smere najdlhšieho rozmeru, druhý kolmo naň a tretí zhruba diagonálne. Z týchto nameraných dĺžok sme počítali priemernú hodnotu a tiež štandardnú odchýlku, ktorá nám dáva informáciu hlavne o súmernosti krátera - čím je vyššia, tým menej je kráter kruhový. Do celovej odchýlka merania priemeru krátera ale prispieva veľa faktorov. Podme si ich postupne rozobrať.

Pri kalibrácii mierky v programe ImageJ sa dopúšťame chyby nanajvýš 1 mm v dôsledku zlého vyznačenia 10 cm. Avšak ďalšia chyba nastáva kvôli tomu, že celý vyznačený úsek nevidíme úplne kolmo, v dôsledku čoho sú dĺžky na obrázku skreslené. Chybu kalibrácie spôsobenú týmto skreslením odhadujeme na maximálne 3 mm. Oveľa väčšiu nepresnosť nám do merania prináša chyba určenia okrajov krátra, a to odhadom 1 až 2 cm. Z fotografií nebolo vždy jednoduché určiť, kde presne sú okraje krátra. Záviselo to na osvetlení fotografie, ale aj na tvári krátra. Pomôcť si bolo možné väčšími zrnčkami piesku nahromadenými v okolí hrany krátera.

Pri porovnaní nameraných závislostí s teoretickým predpokladom nemôžeme kvôli týmto nepresnostiam očakávať dokonalú zhodu. Ide skôr o porovnanie trendov. Na tvar, a teda v našom ponímaní aj priemer krátra, vplýval vo veľkej miere aj tvar kameňa. Ten nebol súmerný, takže veľkosť krátra závisela aj na tom, aké bolo natočenie kameňa pri dopade. Namerané priemery príslušné rôznym výškam vypustenia kameňa pre jednotlivé kamene sú zapísané v tabuľkách 2 a 3. Neistotu výšky vypustenia kameňa nad zemou odhadujeme na 1 cm.

Dáta sme graficky znázornili

Tab. 2: Priemery kráterov 1

\underline{h}	$\underline{d_1}$	$\underline{d_2}$	$\underline{d_3}$	$\underline{d_4}$	$\underline{d_5}$
cm	cm	cm	cm	cm	cm
20	1,9	2,6	3,6	3,8	5,5
40	2,4	3,4	4,4	4,2	5,8
60	2,6	4,4	4,0	5,1	7,4
80	3,0	4,2	5,3	6,4	7,4
100	3,1	4,3	5,5	6,2	7,7
120	3,2	4,6	6,4	6,9	7,3
140	3,5	4,8	5,5	7,6	7,8

Tab. 3: Priemery kráterov 2

\underline{h}	$\underline{d_6}$	$\underline{d_7}$	$\underline{d_8}$	$\underline{d_9}$	$\underline{d_{10}}$
cm	cm	cm	cm	cm	cm
20	5,7	7,6	9,1	11,8	14,1
40	5,0	8,2	10,4	14,0	16,0
60	5,9	8,5	12,4	15,2	16,6
80	6,5	8,8	10,8	15,1	18,8
100	8,0	11,5	11,2	14,6	18,7
120	7,5	10,1	13,6	16,4	18,9
140	8,4	10,5	13,7	16,7	20,7

Diskusia

Záver

Daniela Pittnerová
daniela@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.