

Seminární práce: U rampa + „V rampa“

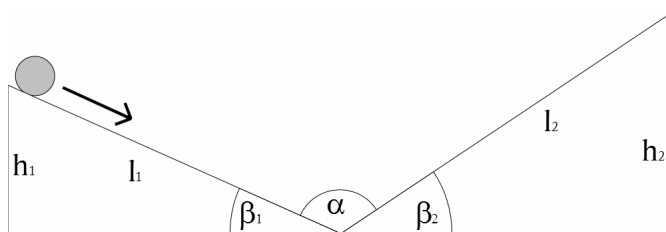
Popis úlohy

Tato úloha se má zabývat vzájemnými přeměnami potenciální a kinetické mechanické energie na dvou dráhách: U rampě a V rampě. U rampa je dráha ve tvaru U, po které se těleso může valit bez ostrých zlomů. V rampa se skládá ze dvou nakloněných rovin a jednoho místa ostrého zlomu v dolní poloze.

Teorie

Na začátku měření umístíme těleso do horní polohy, čímž získá potenciální energii o velikosti $E_p = mgh$. Ta se pohybem dolů přemění na energii kinetickou, a to zčásti na kinetickou energii posuvného pohybu $E_{kp} = \frac{1}{2}mv^2$ a zčásti na kinetickou energii otáčivého pohybu $E_{ko} = \frac{1}{2}J\omega^2$. Tato energie $E_k (= E_{kp} + E_{ko})$ se potom jízdou nahoru přemění opět na energii potenciální. Těleso by tedy mělo vystoupat do stejné výše. Budou zde ovšem působit různé odporové síly bránící pohybu.

Při ostrém zlomu uprostřed „V“ dráhy se pro pohyb nahoru navíc využije pouze část kinetické energie, zbytek se při průjezdu zlomem přemění na jiný druh energie a způsobí deformaci. (Ta se projeví vznikem zvuku a u pružných těles následným „vyskákáním“ cesty nahoru místo prosté jízdy po desce.) Poměr, ve kterém se energie rozdělí, je závislý na úhlu α mezi nakloněnými rovinami.



V této úloze budeme uvažovat pouze úhel $\alpha \in (90^\circ, 180^\circ)$. Pokud bude úhel menší než 90° , těleso nemůže pokračovat dále, pokud bude větší než 180° , půjde o jinou úlohu (vrh).

Pomůcky

Při měření této úlohy byly použity tyto předměty:

ohybatelný plech držící tvar (\rightarrow U rampa); klíny na jeho podložení; rovné, pevné desky (\rightarrow V rampa); tělesa schopná pohybu po dráhách (pingpongový míček, hopík, skleněná kulička na hru Kuličky, plastová „přibližně kulička“, tenisový míček, plná plechovka, plastová nádobka válcového tvaru se sypkým obsahem); svinovací ocelový metr; pravouhlý trojúhelník; posuvné měřidlo, váhy

Měření a vypočítané hodnoty

Vlastnosti těles

Pingpongový míček

$m = 2 \text{ g}$ $d = 3,975 \text{ cm}$

Hopík

$m = 8 \text{ g}$ $d = 2,500 \text{ cm}$

Skleněná kulička

$m = 5 \text{ g}$ $d = 1,640 \text{ cm}$

Plastová kulička

$m = 1 \text{ g}$ $d = 1,150 \text{ cm}$

Tenisový míček

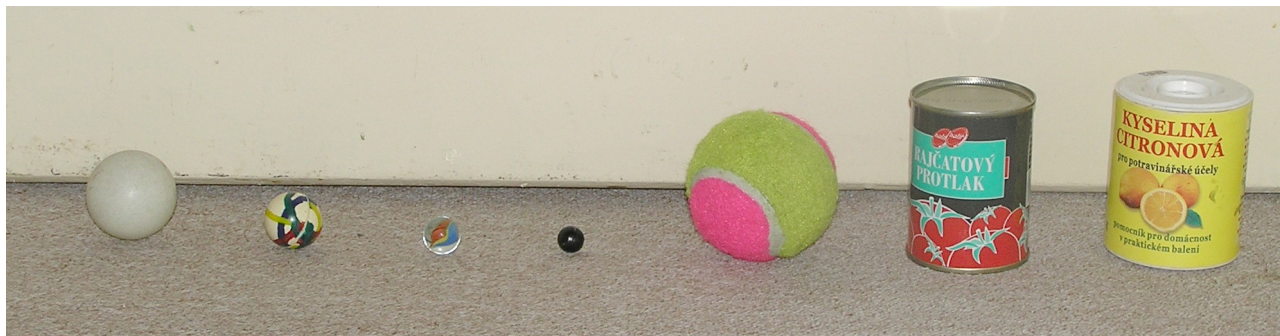
$m = 46 \text{ g}$ $d = 6,135 \text{ cm}$

Plechovka

$m = 172 \text{ g}$ $d = 5,470 \text{ cm}$

Nádobka

$m = 68 \text{ g}$ $d = 5,990 \text{ cm}$



U rampavýška krajních poloh: $h = 30 \text{ cm}$ **Popis měření na U rampě**

Měřené těleso jsem umístil do jedné z horních krajních poloh. Vzhledem k ne úplně pravidelnému tvaru dráhy jsem obě krajní polohy u jednotlivých měření pravidelně střídal. Měřil jsem počet period, které těleso vykoná, než se zastaví, a čas, za který toto zastavení nastane. Do tabulek jsem zahrnul ještě první výpočet – podíl počtu period a času neboli frekvenci.

Hlavička tabulky, která je žlutě podbarvena, je u všech tabulek stejná, a proto je uvedena pouze jednou.

Pingpongový míček

	1	2	3	4	5	Průměr
Čas (s)	20,20	24,01	23,36	21,48	23,38	22,49
Periody	13	15	14	14	15	14
Period za sekundu (Hz)	0,60	0,62	0,60	0,65	0,64	0,63

Hopík

Čas (s)	27,10	22,78	25,98	24,22	21,84	24,38
Periody	20	15	17	16,5	14	17
Period za sekundu (Hz)	0,60	0,66	0,65	0,68	0,64	0,68

Skleněná kulička

Čas (s)	16,68	14,88	15,84	12,82	10,81	14,21
Periody	11	10	12	8	6	9
Period za sekundu (Hz)	0,60	0,67	0,76	0,62	0,56	0,66

Plastová kulička

Čas (s)	7,90	7,13	8,40	6,04	9,06	7,71
Periody	5	4	4	3	7	5
Period za sekundu (Hz)	0,60	0,56	0,48	0,50	0,77	0,60

Tenisový míček

Čas (s)	9,15	8,30	8,10	8,48	8,57	8,52
Periody	6	5	5	5,5	5,5	5
Period za sekundu (Hz)	0,60	0,60	0,62	0,65	0,64	0,63

Plechovka

Čas (s)	47,78	74,96	77,10	83,40	80,04	72,66
Periody	33	53	64	68	67	57
Period za sekundu (Hz)	0,60	0,71	0,83	0,82	0,84	0,78

Nádobka

Čas (s)	1,40	2,18	1,67	1,94	1,64	1,77
Periody	1	1,5	1,5	1,5	1	1
Period za sekundu (Hz)	0,60	0,69	0,90	0,77	0,61	0,74

V rampa (1. varianta)
 $h_1 = h_2 = 13,5 \text{ cm}$ (označení odpovídá obrázku na 1. stránce)

 $l_1 = l_2 = 55,5 \text{ cm}$

Na V rampě jsem měřil čas jízdy od horní polohy ke zlomu, čas jízdy od zlomu do horní polohy na opačné straně a vzdálenost s , kterou těleso ujede nahoru, než se zastaví. Z těchto údajů je možné stanovit rychlost jízdy dolů i nahoru. Rychlost jízdy dolů spočítáme jako $l_1 : t$, jízdu nahoru jako $s : t$.

Pingpongový míček

Čas sjezdu (s)	0,87	0,81	0,97	0,88	0,75	0,86
Čas výjezdu (s)	0,71	0,82	0,69	0,69	0,71	0,72
Celkový čas (s)	1,58	1,63	1,66	1,57	1,46	1,58
Vzdálenost s (cm)	36	35	34	32	38	35
Rychlost výjezdu (cm/s)	51	43	49	46	54	48
Rychlost sjezdu (cm/s)	64	69	57	63	74	65

Hopík

Čas sjezdu (s)	0,88	0,69	1,00	0,69	0,71	0,79
Čas výjezdu (s)	0,76	0,76	0,76	0,75	0,76	0,76
Celkový čas (s)	1,64	1,45	1,76	1,44	1,47	1,55
Vzdálenost s (cm)	42	45	45	40	40	42
Rychlost výjezdu (cm/s)	55	59	59	53	53	56
Rychlost sjezdu (cm/s)	63	80	56	80	78	70

Skleněná kulička

Čas sjezdu (s)	0,82	0,82	0,75	0,95	0,82	0,83
Čas výjezdu (s)	0,69	0,63	0,71	0,66	0,71	0,68
Celkový čas (s)	1,51	1,45	1,46	1,61	1,53	1,51
Vzdálenost s (cm)	41	41	43	42	41	42
Rychlost výjezdu (cm/s)	59	65	61	64	58	61
Rychlost sjezdu (cm/s)	68	68	74	58	68	67

Plastová kulička

Čas sjezdu (s)	1,00	0,78	0,82	1,00	0,84	0,89
Čas výjezdu (s)	0,57	0,70	0,70	0,63	0,71	0,66
Celkový čas (s)	1,57	1,48	1,52	1,63	1,55	1,55
Vzdálenost s (cm)	27	32	29	32	34	31
Rychlost výjezdu (cm/s)	47	46	41	51	48	47
Rychlost sjezdu (cm/s)	56	71	68	56	66	63

Tenisový míček

Čas sjezdu (s)	0,90	0,81	0,94	1,22	1,03	0,98
Čas výjezdu (s)	0,72	0,72	0,78	0,69	0,76	0,73
Celkový čas (s)	1,62	1,53	1,72	1,91	1,79	1,71
Vzdálenost s (cm)	32	34	36	36	34	34
Rychlost výjezdu (cm/s)	44	47	46	52	45	47
Rychlost sjezdu (cm/s)	62	69	59	45	54	57

Plechovka

Čas sjezdu (s)	0,88	0,94	0,94	0,84	0,90	0,90
Čas výjezdu (s)	0,71	0,60	0,72	0,76	0,72	0,70
Celkový čas (s)	1,59	1,54	1,66	1,60	1,62	1,60
Vzdálenost s (cm)	48	49	47	47	48	48
Rychlost výjezdu (cm/s)	68	82	65	62	67	68
Rychlost sjezdu (cm/s)	63	59	59	66	62	62

Nádobka ($\rightarrow 0 =$ blíží se k nule, neměřitelné)

Čas sjezdu (s)	5,62	6,62	5,44	4,75	4,76	5,44
Čas výjezdu (s)	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$
Celkový čas (s)	5,62	6,62	5,44	4,75	4,76	5,44
Vzdálenost s (cm)	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$
Rychlost výjezdu (cm/s)	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$	$\rightarrow 0$
Rychlost sjezdu (cm/s)	10	8	10	12	12	10

V rampa (2. varianta)

$h_1 = 27 \text{ cm}$

$h_2 = 13,5 \text{ cm}$

$l_1 = 40 \text{ cm}$

$l_2 = 55,5 \text{ cm}$

Pingpongový míček

Čas sjezdu (s)	0,45	0,51	0,37	0,32	0,34	0,40
Čas výjezdu (s)	0,78	0,74	0,67	0,64	0,66	0,70
Celkový čas (s)	1,23	1,25	1,04	0,96	1,00	1,10
Vzdálenost s (cm)	33	36	30	31	32	32
Rychlost výjezdu (cm/s)	42	49	45	48	48	46
Rychlost sjezdu (cm/s)	89	78	108	125	118	101

Hopík

Čas sjezdu (s)	0,31	0,32	0,44	0,50	0,41	0,40
Čas výjezdu (s)	0,90	0,95	0,90	0,90	0,87	0,90
Celkový čas (s)	1,21	1,27	1,34	1,40	1,28	1,30
Vzdálenost s (cm)	45	49	49	53	43	48
Rychlost výjezdu (cm/s)	50	52	54	59	49	53
Rychlost sjezdu (cm/s)	129	125	91	80	98	101

Skleněná kulička

Čas sjezdu (s)	0,45	0,44	0,40	0,38	0,46	0,43
Čas výjezdu (s)	0,76	0,66	0,68	0,67	0,71	0,70
Celkový čas (s)	1,21	1,10	1,08	1,05	1,17	1,12
Vzdálenost s (cm)	41	36	36	40	37	38
Rychlost výjezdu (cm/s)	54	55	53	60	52	55
Rychlost sjezdu (cm/s)	89	91	100	105	87	94

Plastová kulička

Čas sjezdu (s)	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,38
Čas výjezdu (s)	0,70	0,60	0,67	0,60	0,61	0,64
Celkový čas (s)	1,08	0,98	1,05	0,99	1,00	1,02
Vzdálenost s (cm)	23	22	29	29	22	25
Rychlost výjezdu (cm/s)	33	37	43	48	36	39
Rychlost sjezdu (cm/s)	105	105	105	103	103	104

Tenisový míček

Čas sjezdu (s)	0,38	0,67	0,37	0,39	0,44	0,45
Čas výjezdu (s)	0,57	0,70	0,73	0,70	0,74	0,69
Celkový čas (s)	0,95	1,37	1,10	1,09	1,18	1,14
Vzdálenost s (cm)	37	38	40	41	37	39
Rychlost výjezdu (cm/s)	65	54	55	59	50	56
Rychlost sjezdu (cm/s)	105	60	108	103	91	89

Plechovka

Čas sjezdu (s)	0,39	0,47	0,44	0,41	0,44	0,43
Čas výjezdu (s)	0,67	0,77	0,68	0,73	0,73	0,72
Celkový čas (s)	1,06	1,24	1,12	1,14	1,17	1,15
Vzdálenost s (cm)	38	44	40	44	37	41
Rychlost výjezdu (cm/s)	57	57	59	60	51	57
Rychlost sjezdu (cm/s)	103	85	91	98	91	93

Nádobka

Čas sjezdu (s)	0,25	0,37	0,46	0,50	0,31	0,38
Čas výjezdu (s)	0,30	0,47	0,41	0,38	0,34	0,38
Celkový čas (s)	0,55	0,84	0,87	0,88	0,31	0,69
Vzdálenost s (cm)	13	9	16	20	8	13
Rychlost výjezdu (cm/s)	43	19	39	53	24	35
Rychlost sjezdu (cm/s)	160	108	87	80	129	106

Závěr**U rampa**

Jeden závěr plynoucí z měření na U rampě je, že se u všech těles, bez ohledu na jejich vlastnosti, podobají hodnoty počtu period za sekundu, což odpovídá kyvu matematického kyvadla. Jediné, na čem u kyvadla záleží, je jeho délka, a naopak nezávisí na parametrech tělesa, které na konec kyvadla umístíme. Pokud se ovšem podíváme podrobně, zjistíme, že velikost periody narůstá s hmotností, což můžeme přičíst odporovým silám.

Počet period se velmi liší a nijak přímo nezávisí na naměřených parametrech, ale na mnoha odporových silách, jejichž parametry jsou různé. Zjišťování jejich koeficientů by několikrát převýšilo rozsah této práce.

Velikost odporových sil se u mých měření v závislosti na druhu tělesa pohybovala od 1 až po $\frac{1}{57}$ energie za jednu průměrnou periodu. (Velikost odporových sil za jednu periodu je převrácená hodnota počtu period.) Extrémní hodnoty pocházejí od extrémních těles – nádobky, kde se většina energie spotřebovává na přesypávání obsahu, a plechovky, kde rotuje pouze obal a vnitřek se pohybuje posuvným pohybem. U homogenních těles rozmezí nebylo tak velké, a u těles alespoň zhruba srovnatelných vlastností se odporové síly dokonce podobaly. Mám na mysli dvojice *pingpongový míček–hopík* a *skleněná kulička–plastová kulička*.

V rampa

Na V rampě mi šlo hlavně o důkaz, že se rychlost ve zlomu sníží, a to u všech těles stejně v závislosti pouze na úhlu. Jak je vidět z tabulek měření, u první varianty se hodnoty vzájemně dost blíží, podruhé už to bylo horší. Vínou na tom bych přičítal větším odporovým silám a většímu rázu v ostřejším úhlu. Zajímavé je, že u plechovky v 1. variantě vyšlo, že jede nahoru rychleji než dolů, což je ovšem nejspíš způsobeno chybou měření.

1. varianta	<i>Pingpongový míček</i>	<i>Hopík</i>	<i>Skleněná kulička</i>	<i>Plastová kulička</i>	<i>Tenisový míček</i>	<i>Plechovka</i>	<i>Nádobka</i>
Rychlost sjezdu	65	70	67	63	57	62	10
Rychlost výjezdu	48	56	61	47	47	68	→ 0
Poměr	1,4	1,3	1,1	1,3	1,2	0,91	—

2. varianta	<i>Pingpongový míček</i>	<i>Hopík</i>	<i>Skleněná kulička</i>	<i>Plastová kulička</i>	<i>Tenisový míček</i>	<i>Plechovka</i>	<i>Nádobka</i>
Rychlost sjezdu	101	101	94	104	89	93	106
Rychlost výjezdu	46	53	55	39	56	57	35
Poměr	2,2	1,9	1,7	2,7	1,6	1,6	3,0