



Технически университет – София

Катедра приложна физика

Протокол № Факултет: Специалност: Група:
Студент: Фак №

Упражнение № 1 Движение на топче в хомогенно гравитационно поле

1. Цел на упражнението:

2. Схема на опитната постановка:

3. Кратко теоретично въведение:

Целта на настоящото упражнение е определяне на земното ускорение. За тази цел ще разгледаме движението на топче в хомогенно гравитационно поле. Движението на топчето по улей, склочващ ъгъл α с хоризонта, е равноускорително без начална скорост ($v_0=0$). Движението е плоско, без хлъзгане и може да се представи като сума от постъпателно и въртливо движение около ос, минаваща през центъра на масите му. От закона за запазване на енергията, отчитайки

загубите поради силите на триене и съпротивление, може да се запише $mgs \sin \alpha = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I_c \omega^2}{2} + E_f$, където s е дължината

на улея, m е масата на топчето, I_c е инерчният момент, v_c и ω са линейната и ъглова скорост. Тъй като $\omega = \frac{v_c \sqrt{2}}{r}$,

$I_c = \frac{2mr^2}{5}$, а $E_f = F_s s$, където F_s е средна сила на съпротивление на този участък, се получава $mgs \sin \alpha = \frac{9mv_c^2}{10} + E_f$ или

$\left(g \sin \alpha - \frac{F_s}{m}\right)s = \frac{9v_c^2}{10}$. Диференцирайки по времето, виждаме, че ускорението е постоянно, т.е. движението е

равноускорително: $a_c = \frac{5}{9} \left(g \sin \alpha - \frac{F_s}{m}\right)$. От законите за пътя и скоростта се получава за пътя $s = \frac{a_c t^2}{2}$ и за скоростта в края на улея

$$(1) \quad v_c = \frac{2s}{t}.$$

След отделянето от улея движението на топчето е под ъгъл спрямо хоризонта с начална скорост v_c от височина H . По оста Y движението е равноускорително с ускорение g и начална скорост $v_c \sin \alpha$, а по оста X – равномерно със скорост $v_c \cos \alpha$. Топчето пада на земята на разстояние d от края на улея и като се запишат уравненията му за движение по двете оси и се елиминира времето, за земното ускорение g се получава

$$(2) \quad g = \frac{2v_c^2 \cos^2 \alpha (H - d \tan \alpha)}{d^2}.$$

Следователно за да определим земното ускорение g , трябва да определим скоростта на топчето v_c в края на улея (за тази цел измерваме времето t за движение по улея) и разстоянието d от края на улея, на което топчето пада на земята.

Относителната грешка за изчислената стойност на g се определя от формулата

$$\varepsilon = \frac{\Delta g}{g} = \left(2 \left(\frac{\Delta t}{t_{cp}} + \frac{\Delta s}{s} + \frac{\Delta d}{d_{cp}} \right) + \frac{\Delta H + \Delta d \tan \alpha}{H - d \tan \alpha} \right).$$

Относителната процентна грешка ще бъде $\varepsilon\% = \varepsilon \cdot 100$, а абсолютната грешка – $\Delta g = g\varepsilon$.

4. Експериментални задачи:

Определяне на скоростта v_c с която топчето напуска улея

За целта се правят десет измервания на времето t , за което топчето изминава пътя s . Данните се нанасят в съответната таблица. Пресмята се средната стойност на интервала време t_{cp} и заедно със стойността на s се използват за определяне на v_c по формула (1).

Определяне на земното ускорение g

За целта освен скоростта v_c е необходимо да се измерят величините α , H и d . Отчитането на стойността на ъгъла α може да стане от отношението $\sin \alpha = \frac{h}{s}$, където s е дължината на наклонената равнина, а h – нейната височина, която може да бъде измерена с рулетка или дървен метър. Височината H се измерва с метър от края на наклонената равнина до пода с точност до 1 mm. Разстоянието d се измерва като върху пода се закрепва лист бяла хартия покрит с индиго. Така при всяко от паданията на топчето върху хартията остава белег. След приключване на десетте измервания внимателно се отстранява индигото, без да се размества листа и след това се измерват десетте разстояния d_i от точката непосредствено под отвеса спуснат от края на наклонената равнина до мястото на съответния белег. Резултатите се нанасят в същата

таблица. Определя се със средната стойност d_{cp} , по формулата $d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$.

Получените стойности за v_c , α , H и d_{cp} се заместват във формула (2), от която се изчислява стойността g_{exp} на земното ускорение.

5. Въпроси за самоподготовка:

Какво движение извършва топчето при спускането си по улея?

Какво движение извършва топчето след отделянето си от улея?

Защо топчето пада на пода на различни места при десетте опита?

Защо отчитането на мястото на падане се извършва с бял лист и индиго?

6. Опитни данни:

$s =$ $H =$ $\cos \alpha =$ $\tan \alpha =$ $\Delta s = 10^{-3} \text{ m}$ $\Delta H = 10^{-3} \text{ m}$

№	t_i [s]	Δt_i [s]	$(\Delta t_i)^2$ [s ²]	d_i [m]	Δd_i [m]	$(\Delta d_i)^2$ [m ²]
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
	$t_{cp} =$		$\Sigma(\Delta t_i)^2 =$	$d_{cp} =$		$\Sigma(\Delta d_i)^2 =$

$\Delta t =$

$\Delta d =$

$v_c =$

$g_{exp} =$

$\varepsilon =$

$\varepsilon \% =$

$\Delta g =$

7. Резултати и преценка на точността:

$g =$

$\pm$

$g =$

$\pm$

Подпис на студента:

Дата

Подпис на асистента: