

# ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

## ДЕПАРТАМЕНТ ПО ПРИЛОЖНА ФИЗИКА

Име на студента: .....

Факултет: ..... Специалност: ..... Група: ..... Подгрупа: .....

Подпис на асистента: .....

### ПРОТОКОЛ

#### Тема: „Определяне на земното ускорение с обръщаемо махало”

##### I. Цел на упражнението.

Целта на упражнението е да се изследва закона за движение на физично махало и да се демонстрира методика за реализация на т. нар. „обръщаемо” махало. Конкретната задача е, използвайки закона за движение на обръщаемото махало, да се измери земното ускорение.

##### II. Теоретично въведение и постановка на задачата.

Физично махало се нарича всяко физично тяло, което притежава поне една точка на окачване, така че да може да се люлее около ос минаваща през тази точка. Ако то бъде отклонено от равновесното си положение на малък ъгъл (2-3 градуса) и оставено свободно, то при липса на триене махалото извършва хармонично трептене с период

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}} \quad (1)$$

където  $I$  е инерчният момент на махалото спрямо оста на люлеене,  $m$  е масата на махалото,  $g$  е земното ускорение и  $a$  е разстоянието между точката на окачване и центъра на масите на тялото.

Може да се докаже, че за всяко физично тяло съществуват две точки на окачване, такива че периодът на трептенията на махалото спрямо тях е един и същ. Такова махало се нарича обръщаемо, тъй като спрямо която и да е от двете точки да го залюлеем, то ще трепти с един и същ период. Периодът на обръщаемото махало се определя от формулата

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{g}} \quad (2)$$

където  $l_0$  е т. нар. редуцирана (приведена) дължина на махалото, а  $g$  е земното ускорение. Редуцираната дължина  $l_0$  е равна на разстоянието между двете точки на окачване на обръщаемото махало и може лесно да се измери. Тъй като периода на махалото също може лесно да се измери, то от формула (2) получаваме израза

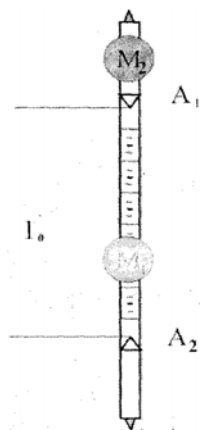
$$g = 4\pi^2 \frac{l_0}{T^2} \quad (3)$$

който позволява косвено измерване на  $g$  чрез пряко измерване на  $l_0$  и  $T$ .

Задачата в настоящото упражнение е, изхождайки от дадено физично тяло, да реализираме обръщаемо махало и, измервайки периода и редуцираната му дължина, с помощта на формула (3) косвено да измерим земното ускорение  $g$ .

##### III. Схема на опитната постановка и методика на експеримента

Махалото, с което се работи в упражнението, е показано на чертежа и представлява лек метален прът, на който са монтирани две метални призми  $A_1$  и  $A_2$ , обърнати с острите си ръбове една към



друга. Тези ръбове са осите около които може да се люлее махалото и следователно за него точките на окачване са фиксирани. На пръта са монтирани две тежести  $M_1$  и  $M_2$ , като едната ( $M_1$ ) се намира между призмите и се нарича вътрешна, а другата ( $M_2$ ) е извън призмите и се нарича външна. При работата външната тежест остава неподвижна, а вътрешната се мести, при което периодите на махалото спрямо двете точки на окачване се променят. Идеята на методиката е да се намери такова положение на вътрешната тежест при което двата периода стават равни т. е. махалото става обръщаемо. Тогава, измервайки  $l_0$  и  $T$  и замествайки във формула (3) можем да определим  $g$ .

Позицията на тежестта  $M_1$  може да се определи от разстоянието  $x$  между центъра ѝ и едната точка на окачване (например  $A_1$ ). За определяне на положението, при което махалото става обръщаемо действаме по следния начин:

(а) Окачваме махалото спрямо едната точка (например  $A_1$ ). Поставяме тежестта  $M_1$  на разстояние  $x_1$  максимално близо до  $A_1$  и измерваме периода на махалото  $T_1$  спрямо  $A_1$ . След това започваме да увеличаваме  $x$  през 0,1 m, местейки  $M_1$ , като за всяка стойност на  $x$  измерваме  $T_1$ . Стойностите на  $x$  и резултатите за  $T_1$  записваме в таблица.

(б) Обръщаме махалото и го окачваме спрямо точка  $A_2$ . Повтаряме измерванията от предния опит, като измерваме периода  $T_2$  спрямо  $A_2$  за същите стойности на  $x$ . Стойностите на  $x$  и резултатите за  $T_2$  записваме в таблица.

(в) От табличните данни построяваме графиките на  $T_1(x)$  и  $T_2(x)$  в обща координатна система. Ако има точка, в която двете графики се пресичат, то тя е предполагаемото положение на  $M_1$ , при което махалото става обръщаемо, тъй като пресичането на графиките означава, че периодите на махалото спрямо двете точки на окачване се изравняват.

(г) От пресечната точка на двете графики определяме предполагаемата стойност на  $x$ , за която махалото става обръщаемо и поставяме тежестта  $M_1$  в тази точка. Тъй като графичните методи не са точни, правим контролно измерване на периодите на махалото  $T'_1$  и  $T'_2$  спрямо двете точки на окачване без да местим тежестта  $M_1$ . От тях определяме периода на обръщаемото махало като средно аритметично

$$T = \frac{T'_1 + T'_2}{2}$$

(д) Заместваме стойностите на  $l_0$  и  $T$  във формула (3) и пресмятаме  $g$ .

За по-точно измерване на периодите, измерваме времето за 10 пълни колебания и полученият резултат разделяме на 10.

#### IV. Данни, резултати от измерванията и пресмятанията

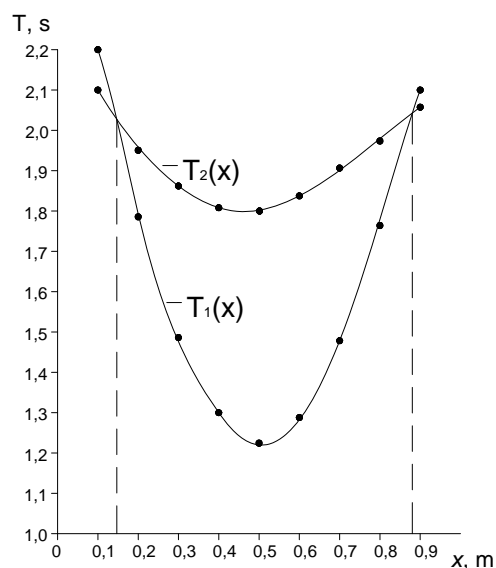
(а) Данни:

$$l_0 = (1 \pm 0,001) \text{ m}$$

$$\Delta T = \Delta T'_1 = \Delta T'_2 = 0,03 \text{ s}$$

(б) Резултати от измерванията

x, m	T <sub>1</sub> , s	T <sub>2</sub> , s
0,1	2,19	2,11
0,2	1,77	1,95
0,3	1,49	1,86
0,4	1,30	1,81
0,5	1,22	1,80
0,6	1,29	1,84
0,7	1,48	1,91
0,8	1,76	1,97
0,9	2,11	2,06



От графиката следва, че кривите се пресичат в точките  $x_1 = 0,15 \text{ m}$  и  $x_2 = 0,88 \text{ m}$ . Избираме първата и поставяме тежестта  $M_1$  в нея. Измерваме периодите на махалото спрямо двете точки на окачване и получаваме

$$T'_1 = 2,04 \text{ s} \quad \text{и} \quad T'_2 = 2,02 \text{ s}$$

Следователно

$$T = 2,03 \text{ s}$$

(в) Резултати от пресмятанията

Заместваме  $l_0$  и  $T$  във формула (3) и получаваме резултата от измерването на  $g$

$$g = 9,58 \text{ m/s}^2$$

#### V. Преценка на точността и краен резултат

(а) Преценка на точността

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \cdot \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta l_0}{l_0} = 0,03 = 3 \%$$

(б) Краен резултат

$$g = 9,58 \text{ m/s}^2 \pm 3 \%$$

или

$$g = (9,58 \pm 0,29) \text{ m/s}^2$$

Дата:

Подпис: