

ПРОТОКОЛ VIII

МЕХАНИКА - ПРАКТИКУМ

Реверсионно махало

Лабораторно упражнение №8

Виолета Кабаджова,
ККТФ, фак. номер: ЗРН0600026

Физически Факултет,
Софийски Университет "Св. Климент Охридски"
15 ноември 2022 г.

1 Теоритична част

Математично махало е физичен модел, при който материална точка е окачена на неразтеглива и безтегловна нишка с дължина l . При малки ъгли на отклонение от равновесното положение периодът му се определя по формула 1, където g е земното ускорение.

$$T_M = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

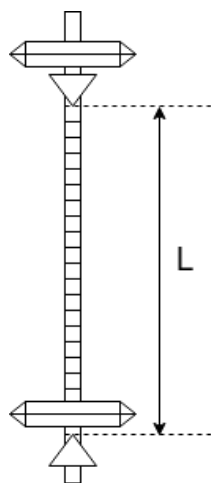
Физичното махало от своя страна е всяко твърдо тяло, което под действие на момента на силата на тежестта може да извършва трептения около неподвижна хоризонтална ос, която не минава през центъра на масите му. Движението на физично махало се описва чрез основното уравнение на динамиката на въртеливите движения - ур. 2, в което I - инерчен момент спрямо оста на въртене Oz , β_z - ъглово ускорение. Периодът на трептене за физично махало може да бъде определен посредством формула 3, където I е инерчният момент спрямо оста, $D = mgd$ - дирекционният момент на физичното махало

$$M_z = I\beta_z \quad (2)$$

$$T_\Phi = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}} \quad (3)$$

От формули 1 и 3 приравнявайки двата периода можем да открием физично махало, чието поведение ще бъде като това на математично. Тогава дължината $l = \frac{I}{md} = L_p$ от тези формули ще се нарича приведена (редуцирана) дължина на физичното махало ($L_p > d$).

Точката, получена от нанасянето на редуцираната дължина L_p от точката на окачване на махалото по ос, минаваща през центъра на масите, се нарича център на люлеене. Махало, при което точката на окачване и точката на люлеене са взаимнозаменяеми, се нарича реверсионно махало. То се използва за измерване на земното ускорение, тъй като редуцираната му дължина може да бъде пряко измерена и оттам да се заместят съответните стойности във формула 1.



Фигура 1: Схема на реверсионно махало

2 Експериментална част

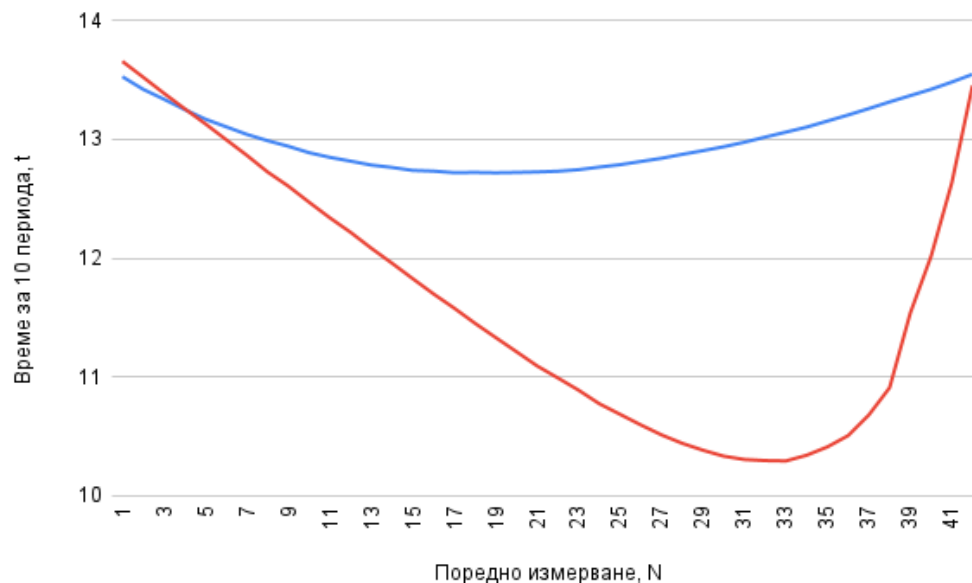
2.1 Експериментална установка

На фиг. 1 е представена схема на реверсионно махало, състоящо се от разграфена метална пръчка, две неподвижни призми, които фиксират дължината L , една неподвижна тежест, разположена зад една от призмите, и една подвижна, чрез която променяме центъра на масите на махалото и оттам инерцията и дирекционния момент. Чрез преместване на подвижната тежест търсим редуцираната дължина на физичното махало, след откриването на която можем да измерим земното ускорение.

2.2 Задача: Измерване на земното ускорение g

Експериментът се състои в това да преместим подвижната тежест от крайно горно положение до крайно долно, като на всяко деление на скалата броим по десет периода. След достигане на крайно долно положение, обръщаме реверсионното махало на 180° от началното положение и повтаряме.

Направените измервания записваме в таблица 1 и налагаме на две графики на фиг. 2. Тези графики се пресичат в две точки (измервания $N=4$ и $N=42$), като взимаме средноаритметичната на стойностите им, за да определим периода $T_\Phi = \frac{1}{10} \frac{T_1 + T_2}{2} = 1.335 \text{ s}$. Забелязваме, че едната от



Фигура 2: Графична зависимост на периода на махалото от положението на подвижната ос

точките на пресичане е именно на последното измерване, затова взимаме и цялата дължина на махалото, измерена след завъртането на махалото, за да се направят втората половина от измерванията, $L_p = 44.6$ cm. Заместваме стойностите във формула 4, която следва от формула 1, и получаваме стойността на земното ускорение $g = 9.88 \pm 0.08$ m/s².

$$g = \frac{4\pi^2 L_p}{T_{\Phi}^2} \quad (4)$$

N	$t_{i1}, [s]$	$t_{i2}, [s]$
1	1.3525	1.3654
2	1.3419	1.3521
3	1.3336	1.3386
4	1.3249	1.3256
5	1.3168	1.3129
6	1.3104	1.2996
7	1.304	1.2864
8	1.2987	1.2724
9	1.294	1.2605
10	1.2886	1.247
11	1.2847	1.2339
12	1.2815	1.2217
13	1.2782	1.2083
14	1.2762	1.1957
15	1.2737	1.1827
16	1.2731	1.1699
17	1.2718	1.1579
18	1.272	1.1452
19	1.2717	1.1332
20	1.272	1.1213
21	1.2724	1.1093

22	1.273	1.0992
23	1.2743	1.0889
24	1.2765	1.0775
25	1.2785	1.0686
26	1.2812	1.0597
27	1.2839	1.0513
28	1.2872	1.0442
29	1.2903	1.0384
30	1.2936	1.0334
31	1.2974	1.0306
32	1.3017	1.0297
33	1.3059	1.0294
34	1.3101	1.0342
35	1.3152	1.0412
36	1.3203	1.0507
37	1.3257	1.0681
38	1.3313	1.091
39	1.3366	1.1539
40	1.3419	1.2015
41	1.348	1.2633
42	1.3545	1.3451

Таблица 1: Измерване на времето за 10 периода на махалото в различни части на скалата преди обръщането на махалото (t_{i1}) и след обръщането му (t_{i2}).