

Реверсионно махало

Васил Николов
(03.01.2022)

I. Цел на упражнението

Да се измери земното ускорение g и да се изследва равноускорителното движение.

II. Експериментална установка

Уредът представлява две еднакви маси, M , окачени от двете страни на макара. От едната страна има две фотоклетки, разстоянието между които е L , през които едното тяло може да преминава, и уредът отчита времето между засичането на тялото при горната и долната фотоклетка t . На тялото от страната на фотоклетките могат да се поставят пръстени, които нарушават баланса и правят движението равноускорителното. Ако обаче пръстените са широки те се захващат при горната фотоклетка, и движението става равномерно. В теоретичната обосновка инерчният момент на макарата ще се пренебрегне, но в Задача 3 неговото влияние ще се отчете.

III. Теоретична обосновка

A. Проверка на закон за пътя при равноускорително движение

За целта ще закачаме тесен пръстен на тялото и ще го пускаме непосредствено над горната фотоклетка. Тогава уредът ще започне да засича точно когато тялото е пуснато, и ще спре когато то измине вертикално разстояние L . Нека масата на тънкия пръстен е m . Тогава

$$\begin{aligned} T - Mg &= Ma \\ (M + m)g - T &= (M + m)a \\ \Rightarrow mg &= (2M + m)a \\ a &= \frac{m}{2M + m}g \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{t^2} \\ \Rightarrow 2L &= at^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Вижда се, че ако променяме разстоянието между фотоклетките и мерим съответните времена графиката на $y = 2L$ като функция на $x = t^2$ е права линия с наклон a . Ако определим a по този начин и го пресметнем от (1) и двете съвпадат в рамките на грешката, то законът за равнопроменливо движение е доказан.

B. Измерване на земното ускорение - част 1

За да измерим g закачаме един от големите пръстени на тялото, и този път ще го пускаме от височина h над горната фотоклетка. Така то ще се ускорява, докато премине разстояние h , и след това ще се движи равномерно. Нека скоростта на равномерно движение е v , ускорението в началото е a и тялото се ускорява за време t_1 . Тогава

$$\begin{aligned} a &= \frac{m}{2M + m}g \\ \frac{at_1^2}{2} &= h \\ v &= at_1 \\ \Rightarrow \frac{v^2}{2a} &= h \\ \Rightarrow v^2 &= 2ah \end{aligned} \quad (3)$$

Тъй като между двете фотоклетки движението е равномерно и отчитайки (1)

$$\begin{aligned} t &= \frac{L}{v} \\ \Rightarrow \frac{L^2}{t^2} &= \frac{2mgh}{2M + m} \\ g &= \frac{(2M + m)L^2}{2mht^2} \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнение (4) е формулата, по която ще изчислим земното ускорение.

B. Измерване на земното ускорение - част 2

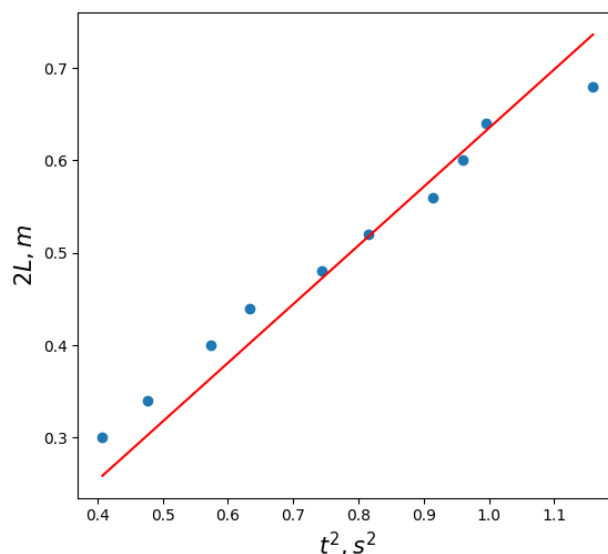
От уравнения (1) и (2) следва, че ако направим графика на $y = \frac{2(2M+m)}{t^2}$ като функция на $x = \frac{m}{L}$ тя трябва да е права линия с наклон $\frac{dy}{dx} = g$. Тук можем да варираме L и m , като единственото условие е да пускаме тялото точно над горната фотоклетка.

IV. Експериментални данни и резултати

A. Проверка на закон за пътя при равноускорително движение

На Фигура 1 е дадена графика на $y = 2L$ като функция на $x = t^2$. Вижда се, че точките добре се описват от линейна зависимост $y = ax$. От фитирането на правата $a = 0.635 \text{ ms}^{-2}$. Ако пресметнем по ускорението по уравнение (1) изкарваме $a = 0.47 \text{ ms}^{-2}$.

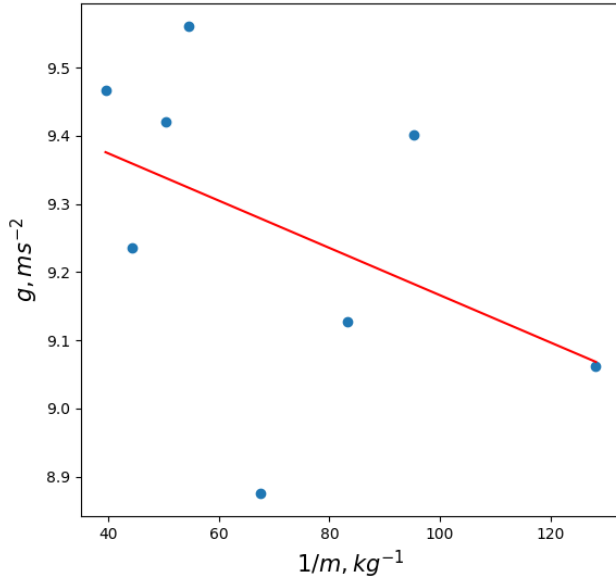
Фигура 1.



B. Измерване на земното ускорение - част 1

В експеримента ще използваме $h = 0.2 \text{ m}$, $L = 0.2 \text{ m}$.

Фигура 2.



На Фигура 2 е представена графика на $y = g$ като функция на $x = 1/m$. Ако екстраполираме тази зависимост до $x = 0 \Rightarrow m = \infty$ получаваме стойност $g = 9.51ms^{-2}$. Тази стойност е най-точна защото при $m \rightarrow \infty$ инерчният момент на макарата не оказва влияние.

В. Измерване на земното ускорение - част 2

На Фигура 3 е дадена графиката на $y = \frac{2(2M+M)}{t^2}$ като функция на $x = \frac{m}{L}$. Ъгловият ѝ коефициент е $\frac{dy}{dx} = 14.2ms^{-2}$. Тази стойност не е близо до истинската стойност на земното ускорение, което значи, че този метод за определянето му не е надежден.

Фигура 3.

