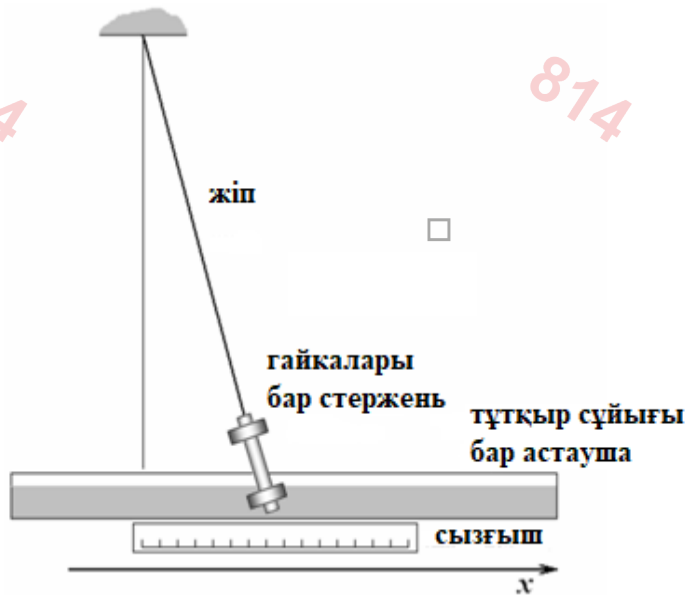




## 11 сынып, тәжірибелік сайыс (15 ұпай)



Суретте көрсетілген қондырғы: төбеге байланған ұзын жіп, оның төменгі ұшына стержень бекітілген. Стерженьге бірдей гайкаларды орнатуға болады. Гайкасы бар стержень тұтқыр сұйығы бар ыдыстың ішінде қозғала алады. Сызғыштың көмегімен біз әр түрлі уақытта гайкасы бар стерженнің нақты орнын өлшейміз, яғни оның  $x(t)$  қозғалыс заңын зерттейміз.

Сұйықтың гайкаға түсіретін кедергі күшін гайканың жылдамдығына пропорционал делік

$$F_{\text{кед.}} = -\beta v, \quad (1)$$

мұндағы  $\beta$  - кедергі коэффициенті.

1) (1) формуланы және сұйықтағы гайканың қозғалысын алдын-ала бақылауды қолдана отырып,  $x(t)$  гайканың қозғалыс заңы келесі теңдеулермен сипатталатынын көрсетіңіз

| 1 гайка         |                | 2 гайка         |                |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| $x, \text{ см}$ | $t, \text{ с}$ | $x, \text{ см}$ | $t, \text{ с}$ |
| 15              | 0              | 15              | 0              |
| 14              | 5              | 14              | 3              |
| 13              | 10             | 13              | 6              |
| 12              | 16             | 12              | 9              |
| 11              | 22             | 11              | 14             |
| 10              | 29             | 10              | 18             |
| 9               | 39             | 9               | 23             |
| 8               | 49             | 8               | 29             |
| 7               | 60             | 7               | 35             |
| 6               | 74             | 6               | 43             |
| 5               | 92             | 5               | 54             |
| 4               | 117            | 4               | 67             |
| 3               | 143            | 3               | 83             |
| 2               | 186            | 2               | 108            |

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = -\gamma x \Leftrightarrow x(t) = x_0 \exp(-\gamma t), \quad (2)$$

мұндағы  $x_0$  - гайканың тепе-теңдік күйінен бастапқы ауытқуы.

2)  $\gamma$  коэффициенттің мәнін қондырғы параметрлері арқылы өрнектеңіз.

3) Маятниктің тербеліс периоды  $T = (3,67 \pm 0,05)\text{ с}$ . Маятниктің ұзындығын қателікпен бірге есептеңіз. Еркін түсу үдеуін  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  деп есептеңіз.

Кестеде бір гайкасы бар және екі гайкасы бар стерженнің  $x(t)$  координатасының уақытқа тәуелділігінің өлшенген мәндері көрсетілген.

4) Екі жағдай үшін қозғалыс заңдарының графиктерін салыңыз.

5) Қозғалыс заңының сандық өлшеу нәтижелері (2) теориялық модельге сәйкес келетіндігін сызықтандыру (линеаризация) арқылы көрсетіңіз.



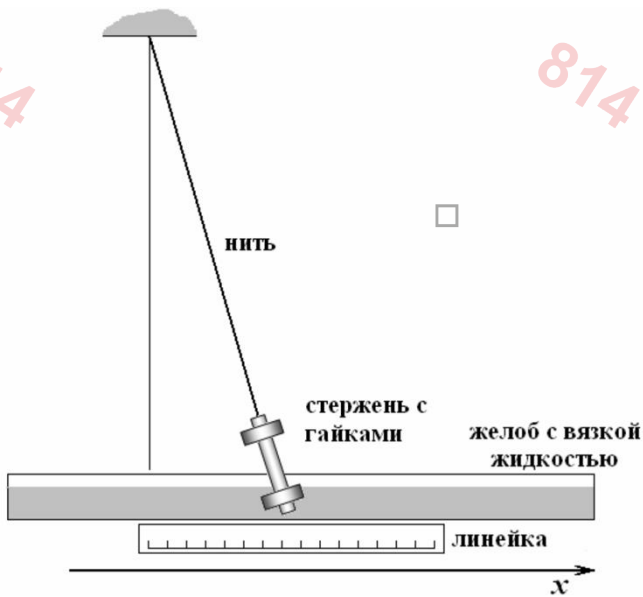
6) Екі тәжірибелік зерттелген жағдайлар үшін (2) формулалардағы  $\gamma$  коэффициенттерінің мәндерін есептеңіз.

7) Гайка тұтқыр сұйықта қозғалған кезде  $\beta$  кедергі коэффициентін есептеңіз. Гайка массасының мәні  $m = (4,5 \pm 0,1)$ г және стержень массасы  $m_0 = (1,5 \pm 0,1)$ г.





## 11 класс, экспериментальный тур (15 баллов)



На рисунке показана установка: к потолку привязана длинная нить, к нижнему концу которой прикрепляется стержень, на который можно накручивать идентичные гайки. Гайка может двигаться в желобе с вязкой жидкостью. С помощью линейки измеряем точное положение стержня с гайкой в различные моменты времени, то есть нужно будет изучать закон ее движения  $x(t)$ .

Предположим, что сила сопротивления, действующая на гайку со стороны жидкости, пропорциональна скорости гайки

$$F_{\text{сопр}} = -\beta v, \quad (1)$$

где  $\beta$  - коэффициент лобового сопротивления.

1) Используя формулу (1) и предварительные наблюдения над движением гайки в жидкости,

| 1 гайка        |               | 2 гайки        |               |
|----------------|---------------|----------------|---------------|
| $x, \text{см}$ | $t, \text{с}$ | $x, \text{см}$ | $t, \text{с}$ |
| 15             | 0             | 15             | 0             |
| 14             | 5             | 14             | 3             |
| 13             | 10            | 13             | 6             |
| 12             | 16            | 12             | 9             |
| 11             | 22            | 11             | 14            |
| 10             | 29            | 10             | 18            |
| 9              | 39            | 9              | 23            |
| 8              | 49            | 8              | 29            |
| 7              | 60            | 7              | 35            |
| 6              | 74            | 6              | 43            |
| 5              | 92            | 5              | 54            |
| 4              | 117           | 4              | 67            |
| 3              | 143           | 3              | 83            |
| 2              | 186           | 2              | 108           |

покажите, что закон движения гайки  $x(t)$  описывается уравнениями

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = -\gamma x \Leftrightarrow x(t) = x_0 \exp(-\gamma t), \quad (2)$$

где  $x_0$  - начальное отклонение положения гайки от положения равновесия.

2) Выразите значение коэффициента  $\gamma$  через параметры установки.

3) Период колебаний маятника  $T = (3,67 \pm 0,05)\text{с}$ . Рассчитайте длину маятника вместе с погрешностью. Ускорение свободного падения считайте равным  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

В таблице представлены измерения зависимости координаты гайки от времени  $x(t)$  в двух случаях с

одной гайкой вниз и с двумя гайками.

4) Постройте графики законов движения для двух случаев.



5) Покажите через возможную линеаризацию, что результаты измерений закона движения соответствуют теоретической модели (2).

6) Рассчитайте значения коэффициентов  $\gamma$  в формулах (2) для двух экспериментально изученных случаев.

7) Рассчитайте коэффициент лобового сопротивления  $\beta$  при движении гайки в вязкой жидкости. Значение массы гайки  $m = (4,5 \pm 0,1)$ г и стержня  $m_0 = (1,5 \pm 0,1)$ г.

□

□

□

□

□

□

□

□

□