Возможные решения

9 класс

Задача 1. Падение шарика

1. Найдем коэффициент восстановления k.

Первый способ. Положим доску горизонтально, а рядом вертикально установим линейку. Отметим высоту h_1 порядка 30 см, с которой будем бросать шарик. Замечаем, на какую высоту h_2 подскочил шарик. Устанавливаем на эту высоту лапку и бросаем еще раз, изменяем положение лапки, если шарик поднялся чуть выше или оказался ниже. Снова бросаем шарик. Повторяем, пока не убедимся, что шарик подскакивает именно на эту высоту. Измеряем высоту h_2.

$$mgh_1 = m\frac{v_1^2}{2}, \qquad mgh_2 = m\frac{v_2^2}{2}, \qquad \text{откуда} \qquad k = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}.$$

Второй способ. Отпустим шарик с высоты h и секундомером измерим время t до полной остановки шарика (прекращение звука ударов). Время первого падения шарика $t_0 = \sqrt{2h/g}$, после удара энергия шарика уменьшится в k^2 раз, и шарик поднимется до высоты k^2h. На это уйдёт время $k\sqrt{2h/g}$, столько же времени уйдёт на падение, то есть $t_1 = 2k\sqrt{2h/g}$, $t_2 = 2k^2\sqrt{2h/g}$ и так далее. Таким образом, времена между ударами образуют геометрическую прогрессию со знаменателем k. Полное время до остановки:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}\frac{1+k}{1-k}, \quad \text{откуда} \quad k = \frac{t\sqrt{g/2h}-1}{t\sqrt{g/2h}+1}.$$

Оба способа дают одинаковое (в пределах погрешностей) значение для k, лежащее в диапазоне 0,8–0,9.

2. Выведем зависимость L от h. Шарик падает на плоскость под углом α к нормали со скоростью

$$v_0 = \sqrt{2gH}. \tag{1}$$

Проекция скорости после отскока на перпендикуляр к плоскости равна $kv_0\cos\alpha$, а на плоскость — $nv_0\sin\alpha = nv_0h/l$, где l — длина доски. Второй удар о плоскость произойдет через время $t_\text{п}$:

$$t_\text{п} = \frac{2kv_0\cos\alpha}{g\cos\alpha} = \frac{2kv_0}{g}.$$

Найдём L:

$$L = (nv_0\sin\alpha)t_\text{п} + \frac{gt_\text{п}^2\sin\alpha}{2} = \left(\frac{2knv_0^2}{g} + \frac{2k^2v_0^2}{g}\right)\sin\alpha.$$

Подставляя v_0 из (1), получим:

$$L = 4Hk(n+k)\sin\alpha = 4Hk(n+k)\frac{h}{l}.$$

Снимаем зависимость L от h. При каждом измерении делаем 5–8 бросков, чтобы исключить ошибку. Полученные точки занесём в таблицу и построим график. График — прямая линия.

3. По графику находим коэффициент наклона $c = L/\sin\alpha$.

$$c = 4Hk(n+k), \qquad \text{откуда} \qquad n = \frac{c}{4Hk} - k.$$

В наших экспериментах n лежит в диапазоне 0,50–0,65.

Задача 2. Оптическая плотность

Для определения отношения плотностей жидкостей воспользуемся методом гидростатического взвешивания. Поместим стаканчик с первой жидкостью на весы. Для повышения точности обнулим их показания (кнопка «tare»). Полностью погрузим в жидкость шарик на ниточке, не касаясь им дна и стенок стакана. В соответствии с уравнениями статики и третьим законом Ньютона, весы покажут массу жидкости в объёме шарика $m_1 = V\rho_1$. Повторим процедуру со второй жидкостью, предварительно высушив шарик салфеткой, получим $m_2 = V\rho_2$. Отношение плотностей жидкостей равно отношению масс.

Для определения отношения показателей преломления проведём на листе бумаги серединные линии, и построим окружность достаточно большого радиуса. Установим на лист кювету и лазер (рис. 7).

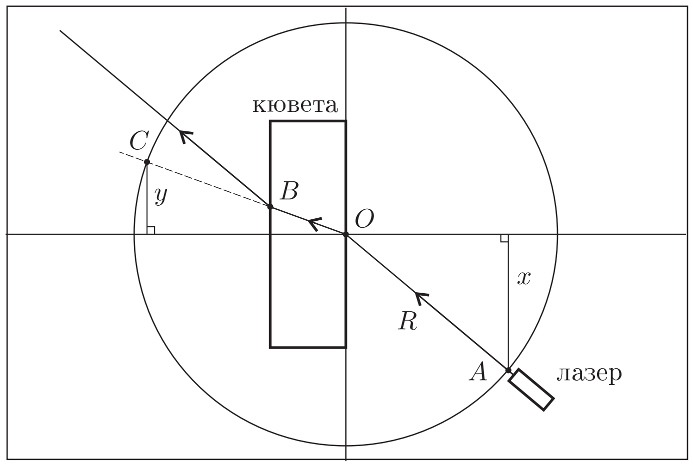

Рис. 7

Для такого хода луча $x/y = n$, где n — показатель преломления жидкости в кювете. При постоянном x проводим измерения для первой и второй жидкости, получаем результаты y_1 и y_2 соответственно. Тогда отношение показателей преломления $n_1/n_2 = y_2/y_1$.

По результатам измерений отношение плотностей равно $\rho_1/\rho_2 = 1{,}25 \pm 0{,}03$, в то время как отношение показателей преломления $n_1/n_2 = 1{,}08 \pm 0{,}05$, с учётом погрешностей измерений можно сделать однозначный вывод, что гипотеза не верна!