

10 класс

Задача №1. Тёмное пятно

Оборудование: лазерная указка (крепится к штативу с помощью прищепки); цилиндрический сосуд № 1 с прямоугольной пластиной; цилиндрический сосуд № 2 с круглой пластиной внутри; пластиковая линейка с длиной шкалы 8 см; стакан с неизвестной жидкостью; стакан с водой; шприц объёмом 22 мл; ламинированный шаблон, на который нанесена шкала; миллиметровая бумага для построения графика (3 листа); салфетки для поддержания чистоты.

- **Неизвестную жидкость не пить!**
- При случайном попадании небольшого количества жидкости в рот прополощите его большим количеством воды.
- При контакте с кожей неизвестная жидкость опасности не представляет.
- **Не светить лазером в глаза себе и окружающим!**

1.1. Возьмите сосуд № 1. Если на дно сосуда налить слой жидкости и посветить на него сверху лазером, можно увидеть следующую картину (см. фото 1).

Предложите теоретическую модель образования тёмного пятна и выведите теоретическую зависимость диаметра D пятна от толщины слоя h жидкости и показателя преломления $n_{\text{ж}}$ жидкости. При выводе считайте, что дно сосуда плоское и горизонтальное.

1.2. Наливая в сосуд № 1 воду, экспериментально исследуйте зависимость диаметра D тёмного пятна от объёма V воды в сосуде. Снимите не менее 7 точек в диапазоне $V \geq 50$ мл.

1.3. Повторите эксперимент, описанный в предыдущем пункте, взяв вместо воды неизвестную жидкость (НЖ). Снимите не менее 7 точек в диапазоне $V \geq 50$ мл.

1.4. Постройте в общей системе координат графики полученных в пп. 1.2 и 1.3 зависимостей. С помощью графиков определите показатель преломления $n_{\text{нж}}$ неизвестной жидкости. Оцените погрешность полученного значения. Здесь и далее показатель преломления воды примите равным $n_{\text{в}} = 1,334 \pm 0,001$.

2.1. Возьмите сосуд № 2. Если посветить лазером на пластину, можно увидеть картину, аналогичную фото 1. Измерьте диаметр D_0 тёмного пятна в данном случае.

В задании 2.1 жидкость внутрь сосуда наливать не нужно!

2.2. Если пластина покрыта слоем жидкости, то картина меняется (см. фото 2). Предложите теоретическую модель и выведите теоретическую зависимость диаметра D тёмного пятна от толщины d пластины, высоты h слоя жидкости

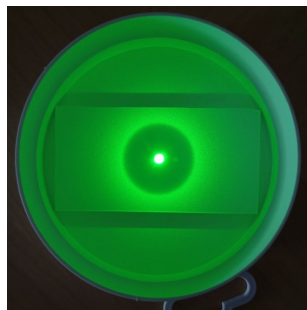


Фото 1

относительно пластины и показателей преломления материала пластины $n_{\text{пл}}$ и жидкости $n_{\text{ж}}$. При выводе зависимости считайте, что $n_{\text{пл}} > n_{\text{ж}}$.

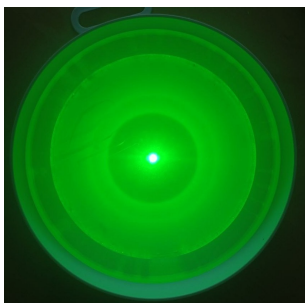


Фото 2

2.3. Наливая воду в сосуд № 2, экспериментально исследуйте зависимость диаметра D тёмного пятна от объёма V воды. Снимите не менее 10 точек в диапазоне $V \geq 80$ мл.

2.4. Постройте график зависимости диаметра D тёмного пятна, образующегося в пластине (см. пп. 2.1 и 2.3), от объёма V налитой воды в диапазоне $0 \leq V \leq 200$ мл.

2.5. При наличии у графика особых точек (изломов, максимумов, минимумов и т.п.), укажите их координаты.

2.6. С помощью графика, построенного в п. 2.4, определите: а) показатель преломления материала пластины; б) толщину пластины. Оцените погрешности полученных значений.

3.1. Возьмите ламинированный шаблон и аккуратно налейте на его поверхность слой воды. Следите за тем, чтобы вода не достигала границы шаблона! Посветите на получившийся слой воды лазером. Измерьте диаметр $D_{\text{к}}$ получившегося тёмного пятна. Используя формулу из п. 1.1, вычислите толщину h слоя воды. Оцените погрешность полученного значения.

3.2. Вычислите краевой угол θ (угол смачивания) поверхности шаблона водой, ответ приведите в угловых градусах. Оцените погрешность полученного значения. При вычислениях считайте, что

- коэффициент поверхностного натяжения воды $\sigma = (72 \pm 1)$ мН/м;
- плотность воды $\rho_{\text{в}} = (997 \pm 2)$ кг/м³;
- ускорение свободного падения $g = (9,81 \pm 0,02)$ м/с².