

молота и сваи подаётся некоторое количество солярки, которая при сжатии взрывается и выделяет определённое количество энергии.

Будем считать для простоты, что сила трения, действующая на сваю при её движении в грунте, прямо пропорциональна длине вбитой части ( $F_{TP} = kx$ ,  $k$  - известная постоянная).

*Удары молота о сваю будем считать абсолютно упругими. Также будем считать, что трение сваи о грунт настолько велико, что при одном ударе свая опускается на очень маленькое расстояние ( $\Delta x_0 \ll x_0$ ).*

### Часть 1. Горячее не подаётся.

1. Скорость молота в момент времени, предшествующий соударению равна  $v_0$ . После соударения свая получит определённую энергию  $E_1 = \varepsilon_1 \cdot \frac{mv_0^2}{2}$ , а модуль скорости молота уменьшится и станет равным  $v_1 = \xi \cdot v_0$ . Выразите постоянные  $\varepsilon_1$  и  $\xi$  через массы молота и сваи. Далее считайте эти постоянные известными.

2. Длина вбитой части сваи равна  $x_0$ . Определите  $\Delta x_0$  для удара, описанного в предыдущем пункте.

### Часть 2. Включают подачу горячего.

3. Количество солярки, подаваемой в место соударения, регулируют таким образом, чтобы модуль скорости молота после соударения со сваем не изменялся. Энергия, переданная свае, в этом случае также может быть выражена в виде  $E_2 = \varepsilon_2 \cdot \frac{mv_0^2}{2}$ , где  $v_0$  - скорость молота до (и после) соударения. Определите  $\varepsilon_2$ .

4. При такой подаче топлива, глубина погружения сваи после  $i$ -го удара ( $\Delta x_i$ ) может быть выражена через погружение после предыдущего удара ( $\Delta x_{i-1}$ ) и длину вбитой части сваи ( $x_i$ ) следующим образом:  $\Delta x_i \approx \Delta x_{i-1} \left( 1 + \frac{\lambda}{x_i} \right)$ . Определите коэффициент  $\lambda$ .

5. Начнём считать удары молота в тот момент, когда длина вбитой части сваи равна  $x_1$ . После предыдущего удара свая опустилась на  $\Delta x_0$ . Используя соотношение, приведённое в предыдущем пункте и, по-прежнему, считая, что  $\Delta x_i \ll x_i$ , оцените на сколько опустится свая после 10 ударов. Выразите ответ через  $x_1$ ,  $\Delta x_0$  и  $\lambda$ .

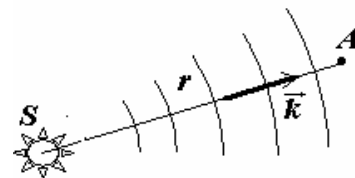
6. После погружения сваи на необходимую глубину, подачу горячего прекращают. Через какое время  $T$  после последнего удара с включённой подачей горячего удары молота прекратятся? До прекращения подачи топлива, скорость молота перед ударами равнялась  $v_0$ .

Примечание. Скорее всего, Вам пригодится приближенная формула:  $(1+x)^\alpha \approx 1+\alpha x$ .

### Задача 3. Интерференция.

*Уважаемые коллеги! Вам предлагается написать основные тезисы параграфа учебника<sup>1</sup> по теме «Интерференция света», излагая ее в обобщенной форме, с единой точки зрения.*

Свет представляет собой электромагнитную волну – колебание, распространяющееся в пространстве с течением времени. Напряженность



<sup>1</sup> Конечно, не для повышенного, а гораздо более низкого углубленного уровня.

электрического поля электромагнитной волны, испущенной точечным источником  $S$ , в произвольной точке  $A$  описывается функцией

$$E = E_0 \cos(\omega t - kr), \quad (1)$$

где  $r$  - расстояние от источника до рассматриваемой точки,  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  - волновое число ( $\lambda$  - длина

волны). Можно также ввести волновой вектор  $\vec{k}$ , модуль которого совпадает с волновым числом, а направление указывает направление распространения волны. Будем считать, что в рассматриваемых областях амплитуда волны постоянна.

Интерференция света – есть сложение колебаний в каждой точке, где происходит наложение двух и более волн. Напоминаем, что интенсивность света пропорциональна среднему квадрату напряженности электрического поля.

$$I = \langle E^2 \rangle = \langle E_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \rangle = \frac{1}{2} E_0^2. \quad (2)$$

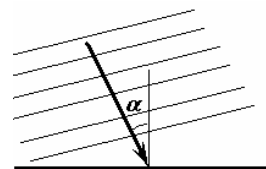
1. Пусть в некоторую точку экрана приходят две волны одинаковой частоты и одинаковых амплитуд. Создаваемые ими в этой точке колебания описываются функциями

$$E_1 = E_0 \cos(\omega t - \varphi_1), \quad E_2 = E_0 \cos(\omega t - \varphi_2). \quad (3)$$

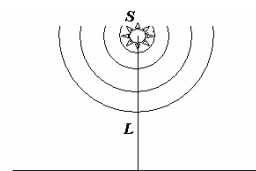
Определите, чему равна результирующая амплитуда колебаний электрического поля и интенсивность света в этой точке.

Таким образом, вы показали, что при интерференции двух волн интенсивность света определяется разностью фаз колебаний этих волн. Так как разность фаз зависит от положения рассматриваемой точки, то интерференция световых волн приводит к перераспределению энергии света.

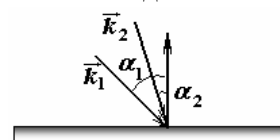
2. Плоская монохроматическая световая волна (длина волны  $\lambda$ ) падает на плоскую поверхность под углом  $\alpha$  к ее нормали. Запишите зависимость фазы колебаний от координат точек на экране. Систему координат на плоскости задайте самостоятельно.



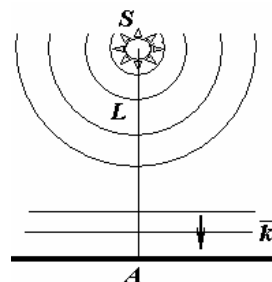
3. Точечный источник монохроматического света с длиной волны  $\lambda$  находится на расстоянии  $L$  от плоского экрана. Запишите зависимость фазы колебаний от координат точек на экране. Систему координат на плоскости задайте самостоятельно.



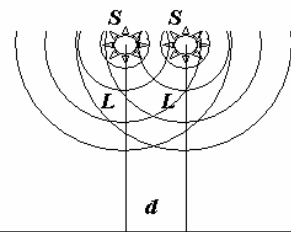
4. Две плоских монохроматических световых волны (с одинаковыми длинами волн  $\lambda$  и одинаковыми амплитудами) падают на плоскую поверхность под углами  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  к ее нормали, причем волновые векторы волн и нормаль к поверхности лежат в одной плоскости. Определите зависимость интенсивности света от координат точки на экране. Определите ширину интерференционных полос (расстояние между максимумами интенсивности), считая углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  малыми.



5. На плоский экран падают две монохроматические волны (с одинаковыми длинами волн  $\lambda$  и одинаковыми амплитудами) - одна от точечного источника, находящегося на расстоянии  $L$  от экрана, вторая плоская, падающая на экран нормально. Опишите интерференционную картину на экране (то есть запишите зависимость интенсивности света от координат). Считая, что расстояние  $L$  значительно больше длины волны и в точке  $A$  колебания волн происходят в одной фазе, определите радиусы темных интерференционных колец на экране.



6. На плоский экран падают две монохроматические волны (с одинаковыми длинами волн  $\lambda$  и одинаковыми амплитудами) - от двух точечных источников,



находящихся на расстоянии  $L$  от экрана и на расстоянии  $d$  друг от друга. Опишите интерференционную картину на экране (то есть запишите зависимость интенсивности света от координат). Считая, что расстояние  $L$  значительно больше длины волны и расстояния между источниками, определите ширину интерференционных полос на экране в этом случае.