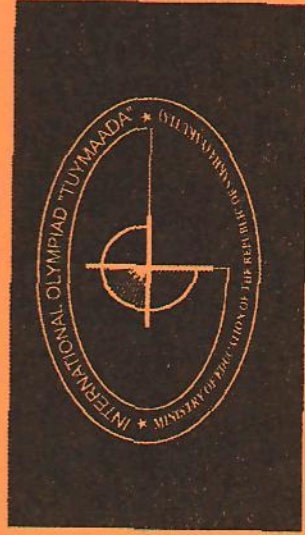


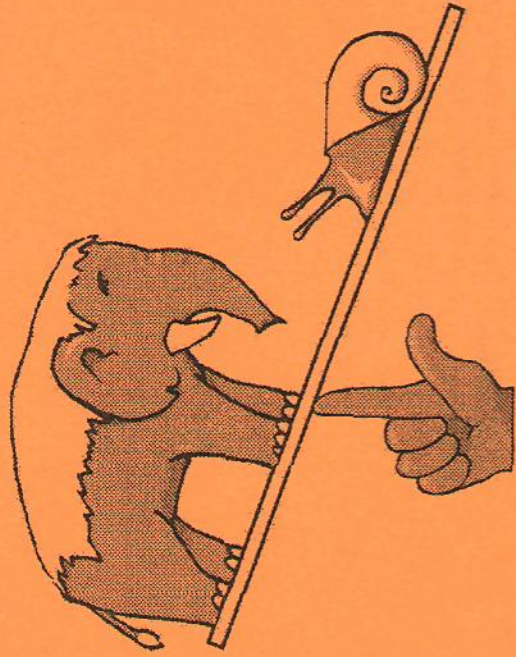
Министерство образования Республики Саха (Якутия)  
Физико-математический форум "Ленский край"  
Якутский государственный университет им. М.К.Аммосова

**XIII Международная физическая олимпиада  
«Туймаада»**

**XIII International physics olympiad "Tuymaada"**



**Физика (Эксперимент)**



Якутск, 7-15 июля 2006 г.

## Задача 2 («Черный ящик»)

### Оборудование

В процессе эксперимента вам доступно следующее оборудование: генератор переменного тока (20 Гц — 20 кГц), два цифровых мультиметра, резистор, «черный ящик», контактная плата, миллиметровая бумага.

### Введение

Внутри «черного ящика» могут находиться следующие элементы цепи: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, батареи.

### Задание

Определите простейшую схему, которая может находиться в «черном ящике».

## Задача (Шкала)

### Оборудование

В процессе эксперимента вам доступно следующее оборудование: секундомер, сосуд с водой, шкала с известной ценой деления, пружина, груз.

### Задание

1. Определите цену деления шкалы.
2. Найдите плотность и массу груза.
3. Определите жесткость пружины.

## Problem 1 (Wave properties of light)

### Equipment

The following equipment is available during the experiment: optical bench, semiconductor laser with wavelength  $\lambda = (660 \pm 20)$  nm, lens (L), slide with four diffraction gratings (Slide 1), slide with two single slits of different widths, two single round apertures of different diameters and double slit (Slide 2), two optical racks, stuck to the wall screen (ruled paper), plastic ruler.

### Light diffraction on the narrow slit

1. Set a rack with slits 1 and 2 (Slide 2) on the optical bench. Turn on the laser and direct its beam on one of the slits. Observe and explain diffraction picture visible on the screen. Determine the slit's widths  $d_1$  and  $d_2$ .

### Young interference

2. Set a rack with double slit 5 (Slide 2) on the optical bench. Turn on the laser and direct its beam on the double slit. Observe and explain interference picture visible on the screen. Determine separation  $W$  between the slits centers.

### Diffraction grating

3. Set a rack with diffraction gratings 1 and 2 (Slide 1) on the optical bench. Turn on the laser and direct its beam on the grating. Observe and explain interference picture visible on the screen. Determine the periods  $W_1$  and  $W_2$  of the diffraction gratings.

### Light diffraction on the round aperture

4. Set a rack with round apertures 3 and 4 (Slide 2) on the optical bench. Turn on the laser and direct its beam on the aperture. After the aperture place a converging lens and obtain on the distant screen distinct bright spot. Moving the lens along the bench observe an alternation of dark and bright spots in the center of the diffraction picture. Explain obtained effect. Determine the diameters  $D_1$  and  $D_2$  of the apertures.

## Problem 2 («Black Box»)

### Equipment

The following equipment is available during the experiment: sinusoidal current generator (20 Hz — 20 kHz), two digital multimeters, resistor, «Black Box», contact plate, ruled paper.

## Introduction

The «Black Box» can include the following elements: resistors, capacitors, coils, batteries.

## Task

Find the simplest scheme which may be contained in the «Black Box».

## Задача 1 (Волновые свойства света)

## Дифракция света на узкой щели

В данном пункте на экране наблюдается стандартная фраунгоферовская дифракция, интенсивность дифракционной картины при постановке, показанной на рисунке 1 имеет вид

$$I = I_0 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2, \quad \alpha = \frac{\pi d \sin \varphi}{\lambda}.$$

Где  $I_0$  — интенсивность в направлении падающей волны. В наших экспериментах  $L = (1,00 \pm 0,05)$  м. Расстояние между соседними максимумами для щели 1 равнолось (измеренное по шести максимумам)  $h_1 = \frac{\lambda}{d_1} L = (5,00 \pm 0,17)$  мм, аналогичное расстояние для щели 2 (измеренное по четырем надцати максимумам) составило  $h_2 = \frac{\lambda}{d_2} L = (2,93 \pm 0,07)$  мм. Таким образом, для ширины щелей имеем следующие ответы

$$d_1 = (1,31 \pm 0,08) \text{ мм}, \quad d_2 = (2,24 \pm 0,12) \text{ мм}.$$

## Интерференция Юнга

В этом пункте на экране наблюдается интерференционная картина (рис. 2), максимумы которой определяются из условия, что разность хода между двумя лучами, приходящими в точку с координатой  $x$ , равняется целому числу длины волны  $l_1 - l_2 = n\lambda$ , где  $n$  — целое число. Из геометрических соотношений

$$l_1 = \sqrt{L^2 + \left(x + \frac{W}{2}\right)^2} \approx L \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2x + W}{2L}\right),$$

$$l_2 = \sqrt{L^2 + \left(x - \frac{W}{2}\right)^2} \approx L \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2x - W}{2L}\right),$$

$$l_1 - l_2 = \frac{xW}{L} = n\lambda,$$

$$W = \frac{n\lambda L}{x}.$$

В наших экспериментах мы получили следующие результаты  $n = 19$ ,  $L = (152 \pm 1)$  см,  $x = (77 \pm 1)$  мм и искомое расстояние между щелями  $W = (0,246 \pm 0,009)$  мм.

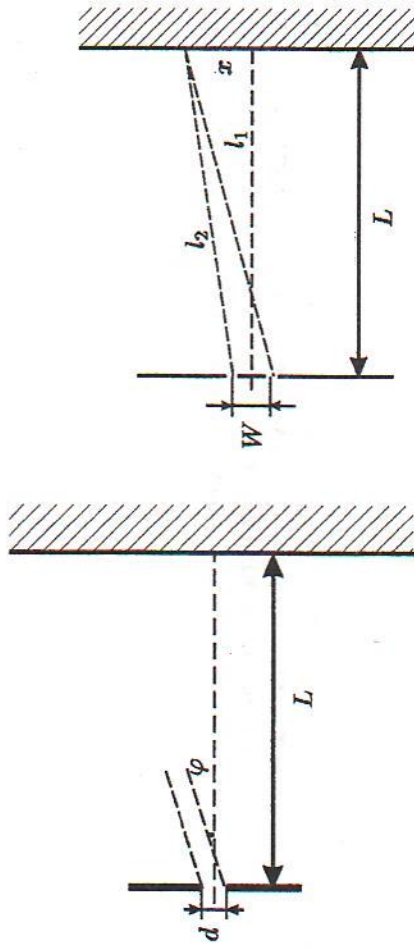


Рис. 1

Рис. 2

## Дифракционная решетка

Максимумы получаемой на экране дифракционной картины (рис. 2) даются условием, аналогичным условию для интерференции Юнга

$$\sin \varphi_n = n \frac{\lambda}{W}, \quad \text{откуда} \quad W = \frac{n\lambda L}{x}.$$

Для первой решетки наш эксперимент дал следующие результаты  $n = 5$ ,  $L = (725 \pm 5)$  мм,  $x = (123,5 \pm 0,5)$  мм и искомый период решетки  $W_1 = (19,2 \pm 0,7)$  мкм. Для второй решетки —  $n = 3$ ,  $L = (725 \pm 5)$  мм,  $x = (107, \pm 0,5)$  мм,  $W_2 = (13,3 \pm 0,5)$  мкм.

## Дифракция света на круглом отверстии

Опишем из фокуса линзы как из центра концентрической сферы с радиусами  $l_1 + \lambda/2$ ,  $l_1 + 2(\lambda/2)$ ,  $l_1 + 3(\lambda/2)$ . Они разобьют круг внутри исследуемого отверстия на кольца, которые называются зонами Френеля.

На экране, находящемся на большом расстоянии в фокусе линзы (рис. 3) положение линзы из ее фокуса будет видно разное количество зон Френеля. Вспомним, что если из фокуса видно четное число зон Френеля, то мы будем