

Условие

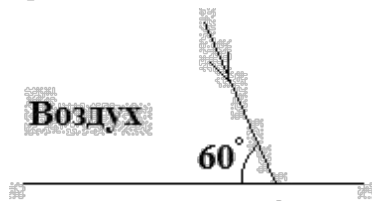
Задача 9_2. Прозрачный цилиндр

Оборудование: лазер, источник тока для лазера, держатель для лазера, экран, линейка (15 – 20 см), цилиндрический тонкостенный стакан на $\frac{3}{4}$ заполненный водой (внешний диаметр стакана (4,0 см), мерная лента, напечатанная на листе А4 окружность-транспортир с секторами через 10° (3 шт), листы с напечатанной окружностью и изображёнными лучами (А4, к пункту 3.1 – 1 шт, к пункту 3.2 – 1 шт), миллиметровая бумага А5 (1 шт), транспортир чертёжный, карандаш.

В данной задаче Вам предстоит исследовать прохождение параллельного пучка лучей через цилиндрический стакан с водой. Все части задачи можно выполнять независимо друг от друга. Для успешного выполнения основной части задачи вспомним явления отражения и преломления света.

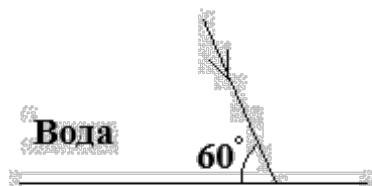
Часть 1. Повторение

1.1 Световой луч падает на границу раздела двух сред: воздух – вода (рис. 1). Покажите ход отражённого и преломлённого лучей. Покажите угол падения α , угол отражения β , угол преломления γ . *Подсказка:* при переходе света из воздуха в воду для углов падения и* преломления выполняется равенство: $\sin \alpha = \frac{4}{3} \sin \gamma$.*



Вода

1.2 Световой луч падает на границу раздела двух сред: вода – воздух (рис. 2). Покажите ход отражённого и преломлённого лучей. Покажите угол падения α , угол отражения β , угол преломления γ . *Подсказка:* при переходе света из воды в воздух для углов падения и* преломления выполняется равенство: $\sin \alpha = \frac{3}{4} \sin \gamma$.*



Воздух

Указание. Ход лучей показать как можно точнее (используйте транспортир). Чтобы по известному значению синуса угла определить сам угол в градусах необходимо на инженерном калькуляторе ввести значение синуса, затем нажать клавишу «2nd» (или «shift») после чего нажать клавишу над которой написано «sin⁻¹» (как правило надпись «sin⁻¹» находится над клавишей «sin»), на дисплее микрокалькулятора отобразится значение угла. Обратите внимание, чтобы при вычислении углов на экране микрокалькулятора отображалась надпись «DEG» или

«DEGREE» (не «RAD» и не «GRAD»). Это устанавливается переключателем режимов измерения углов.

Часть 2. Наблюдение и заштриховка дуг

2.0 На двух листах с окружностью-транспортиром прорисуйте карандашом контур основания

стакана, центр основания стакана должен совпадать с центром окружности. Третий лист с окружностью транспортиром используйте в экспериментальной установке (рис 3). Соберите экспериментальную установку.

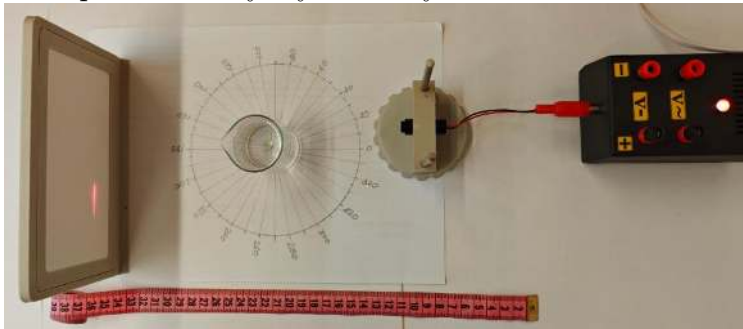


Рисунок 3.

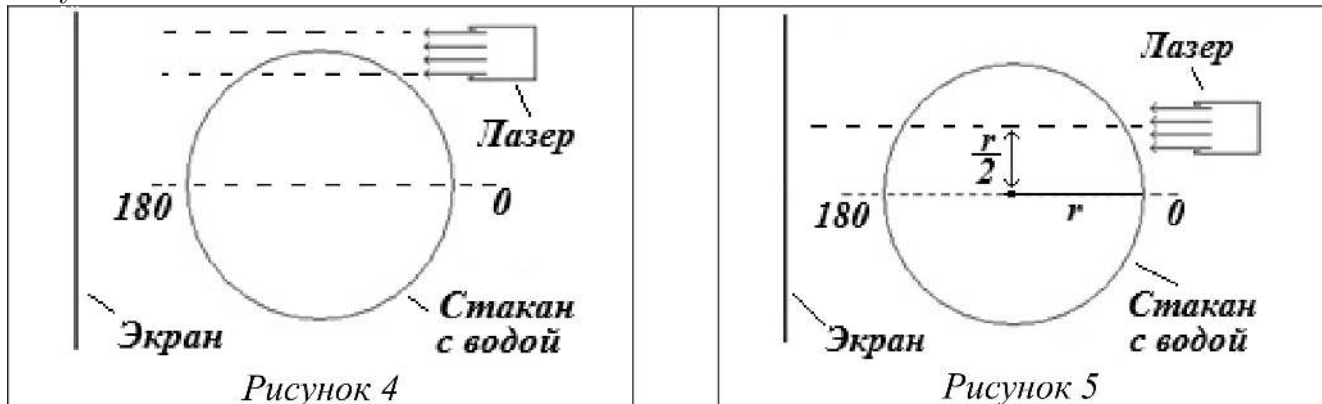


Рисунок 4

Рисунок 5

2.1 Направьте на край стакана с водой световой пучок от лазера (рис. 4, вид сверху). Примерно половина пучка должна проходить мимо стакана, другая половина – падать на стакан.

2.2. Направьте на стакан с водой световой пучок от лазера (рис. 5, вид сверху). Линия, вдоль которой направлена ось светового пучка, должна проходить от диаметра стакана на расстоянии равном половине радиуса его основания.

Для пунктов 2.1 и 2.2 выполните следующие задания.

А) Размещая карандаш вертикально как можно ближе к стакану, но не сдвигая стакан, определите дуги, в которых лучи исходят от поверхности стакана. Покажите эти дуги штриховкой на контуре стакана на одном из листов с окружностью - транспортиром.

Б) Перемещая экран вокруг стакана, по окружности-транспортиру, обнаружьте дуги, в которые попадают лучи светового пучка. На том же листе, который вы использовали в подпункте «А» отметьте на окружности штриховкой дуги, в которые попадают лучи лазера.

В) Обозначьте дуги буквами и напишите из какой дуги в какую дугу попадают лучи. На листе обязательно напишите номер пункта задачи, к которому относится сделанный рисунок.

Часть 3. Построение хода лучей

Указание. Толщиной стенок стакана пренебречь, (считайте, что лучи падают на поверхность воды). Окружность обозначает проекцию боковой поверхности стакана на плоскость его основания. Масштаб рисунка увеличен, однако пропорции соблюдены.*

3.1 На листе с надписью «К пункту 3.1» покажите ход осевого (центрального) и одного из крайних лучей лазерного пучка после попадания его на боковую поверхность стакана (лучи 1 и 2).

3.2 На листе с надписью «К пункту 3.2» Покажите ход крайних лучей лазерного пучка после попадания его на боковую поверхность стакана (лучи 3 и 4).

Часть 4. Фокус прозрачного цилиндра

(Погрешности в данной части вычислять не нужно)

Направьте на стакан с водой световой пучок от лазера (рис. 6, вид сверху). Линия, вдоль которой направлен пучок, должна проходить через диаметр стакана.

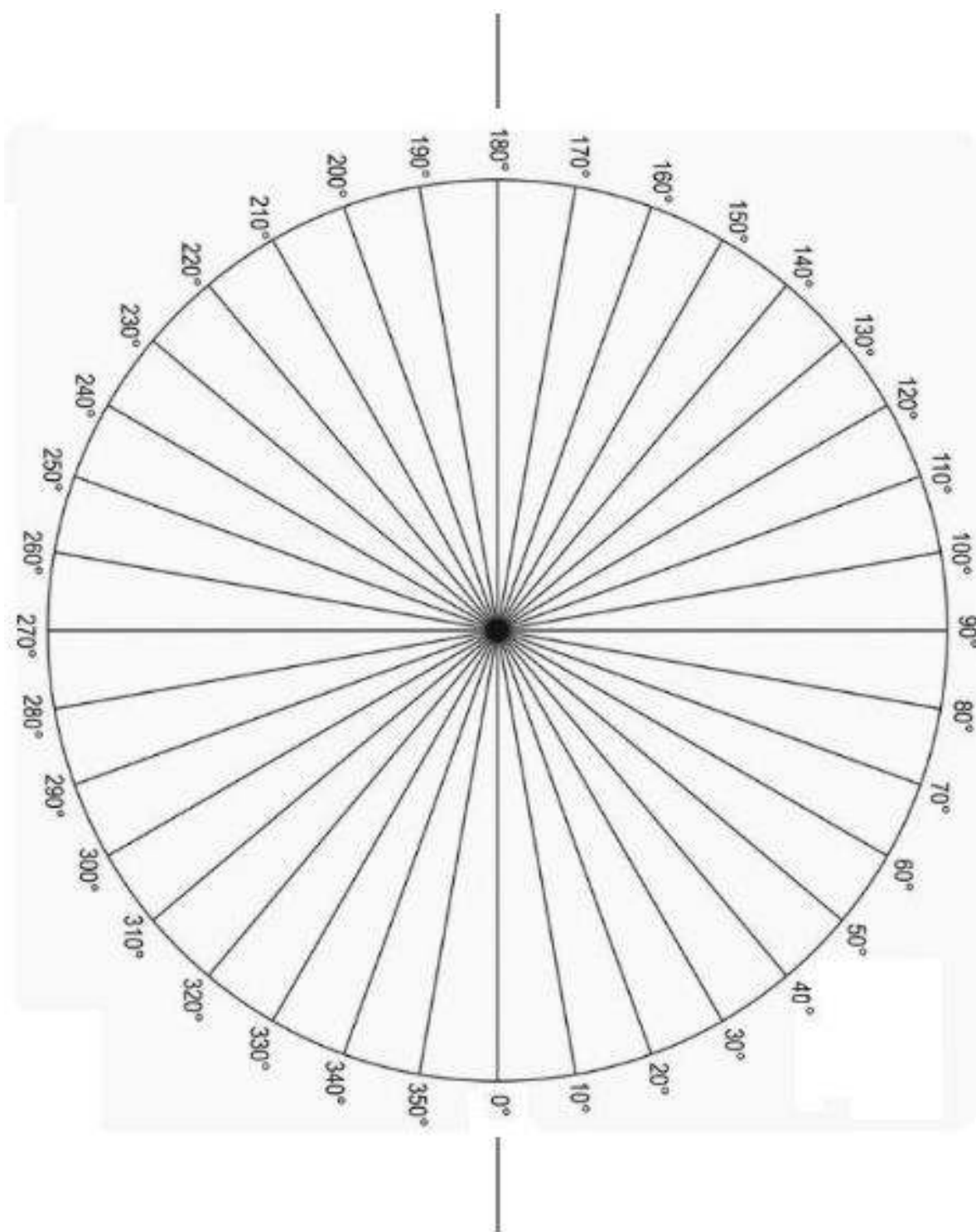
4.1 Исследуйте зависимость $d(l)$ ширины пучка на экране d от расстояния между экраном и крайней точкой стакана l . (см. рис.6). Результаты представьте таблично и графически.

4.2 По экспериментальным данным определите математический вид зависимости $d(l)$, составьте уравнение данной зависимости.

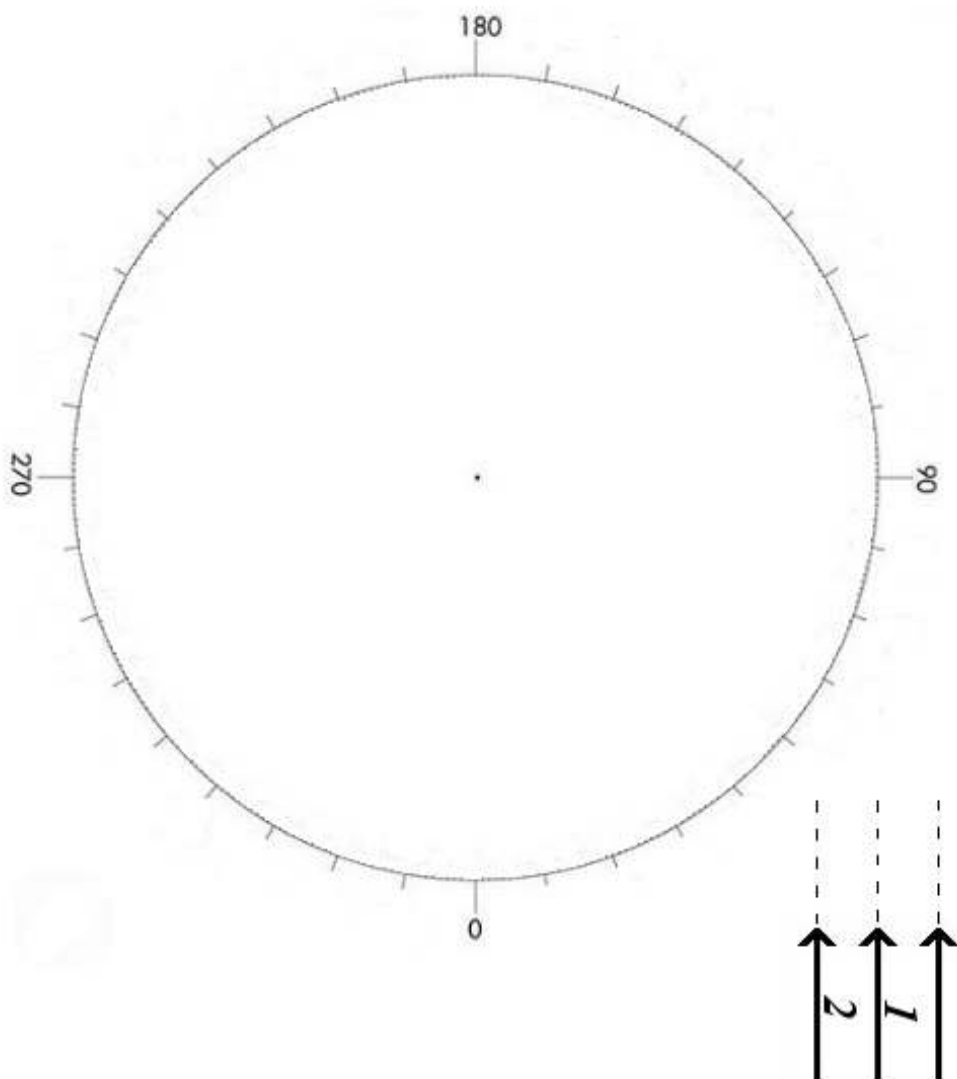
4.3 Определите положение фокуса стакана с водой в системе координат: центр O совпадает с центром окружности, обозначающей контур стакана, ось OY – на рисунке вверх, ось OX – к экрану вдоль диаметра стакана.



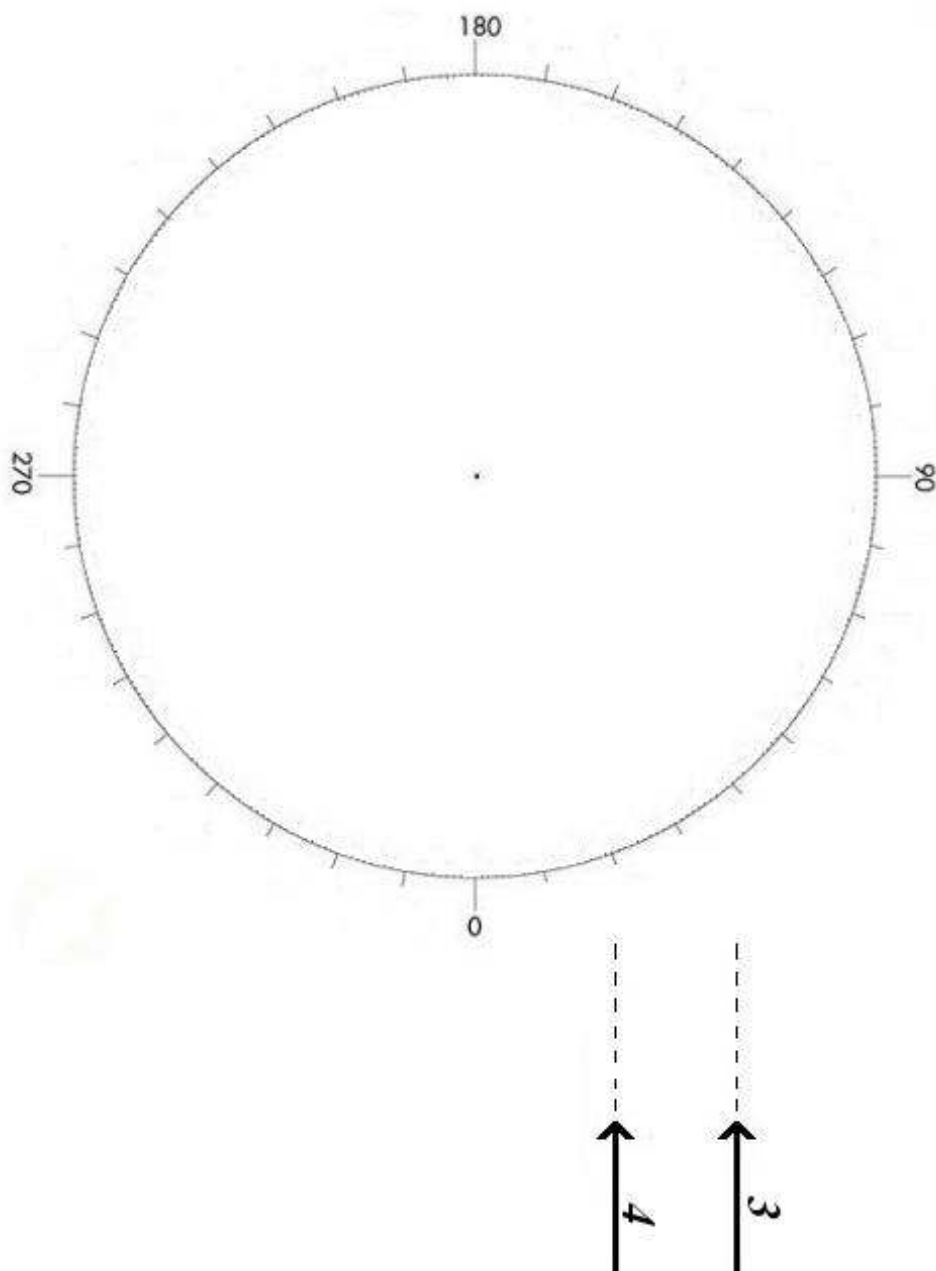
К части 2 (3шт). Окружность - транспортир *Внимание! Луч лазера направлять параллельно диаметру $0^\circ - 180^\circ$ *



К пункту 3.1. Покажите ход осевого и одного из крайних лучей лазерного пучка после попадания его на боковую поверхность стакана (лучи 1 и 2).



К пункту 3.2. Покажите ход крайних лучей лазерного пучка после попадания его на боковую поверхность стакана (лучи 3 и 4).



Решение

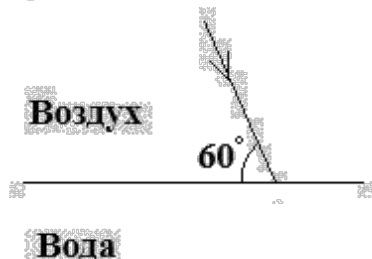
Задача 9_2. Прозрачный цилиндр

Оборудование: лазер, источник тока для лазера, держатель для лазера, экран, линейка (15 – 20см), цилиндрический тонкостенный стакан на $\frac{3}{4}$ заполненный водой (внешний диаметр стакана (4,0см), мерная лента, напечатанная на листе А4 окружность-транспортир с секторами через 10° (3шт), листы с напечатанной окружностью и изображёнными лучами (А4, к пункту 3.1 - 1шт, к пункту 3.2 – 1шт), миллиметровая бумага А5 (1шт), транспортир чертёжный, карандаш.

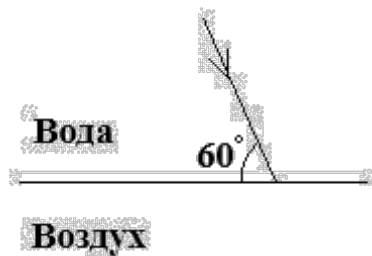
В данной задаче Вам предстоит исследовать прохождение параллельного пучка лучей через цилиндрический стакан с водой. Все части задачи можно выполнять независимо друг от друга. Для успешного выполнения основной части задачи вспомним явления отражения и преломления света.

Часть 1. Повторение

1.1 Световой луч падает на границу раздела двух сред: воздух – вода (рис. 1). Покажите ход отражённого и преломлённого лучей. Покажите угол падения α , угол отражения β , угол преломления γ . *Подсказка:* при переходе света из воздуха в воду для углов падения и* преломления выполняется равенство: $\sin \alpha = \frac{4}{3} \sin \gamma$.*



1.2 Световой луч падает на границу раздела двух сред: вода – воздух (рис. 2). Покажите ход отражённого и преломлённого лучей. Покажите угол падения α , угол отражения β , угол преломления γ . *Подсказка:* при переходе света из воды в воздух для углов падения и* преломления выполняется равенство: $\sin \alpha = \frac{3}{4} \sin \gamma$.*



Указание. Ход лучей показать как можно точнее (используйте транспортир). Чтобы по известному значению синуса угла определить сам угол в градусах необходимо на инженерном калькуляторе ввести значение синуса, затем нажать клавишу «2nd» (или «shift») после чего нажать клавишу над которой написано «sin⁻¹» (как правило надпись «sin⁻¹» находится над клавишей «sin»), на дисплее микрокалькулятора отобразится значение угла. Обратите внимание, чтобы при вычислении углов на экране микрокалькулятора отображалась надпись «DEG» или «DEGREE» (не «RAD» и не «GRAD»). Это устанавливается переключателем режимов измерения углов.

Часть 2. Наблюдение и заштриховка дуг

2.0 На двух листах с окружностью-транспортиром прорисуйте карандашом контур основания стакана, центр основания стакана должен совпадать с центром окружности. Третий лист с окружностью транспортиром используйте в экспериментальной установке (рис 3). Соберите экспериментальную установку.

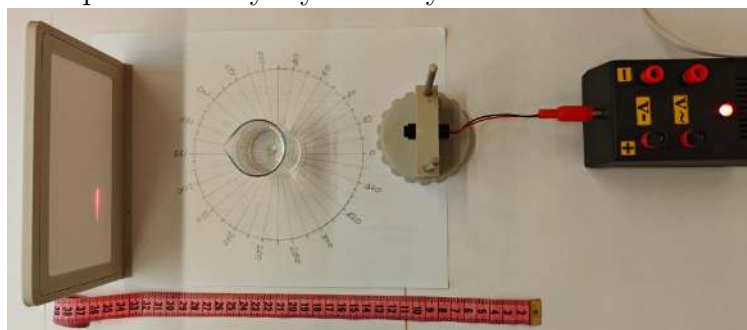


Рисунок 3.

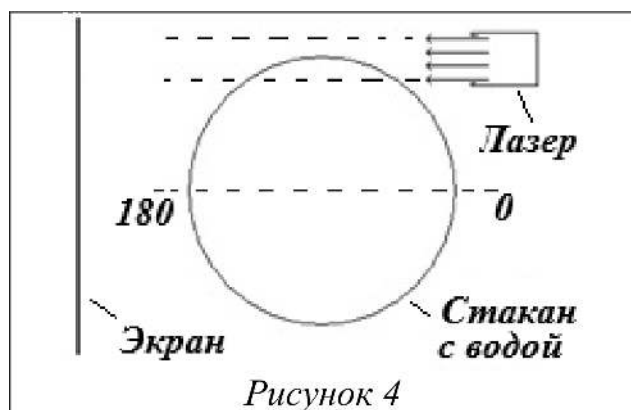


Рисунок 4

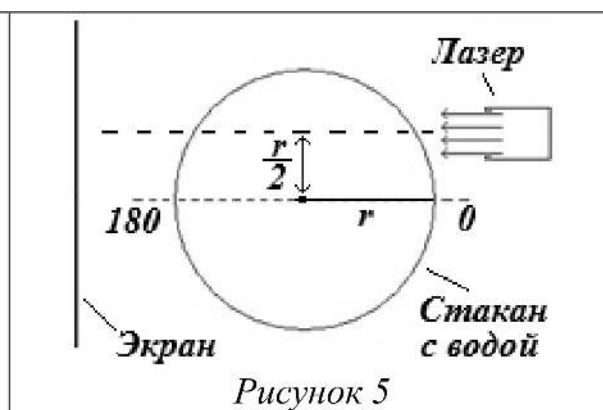


Рисунок 5

Рисунок 4

Рисунок 5

2.1 Направьте на край стакана с водой световой пучок от лазера (рис. 4, вид сверху). Примерно половина пучка должна проходить мимо стакана, другая половина – падать на стакан.

2.2. Направьте на стакан с водой световой пучок от лазера (рис. 5, вид сверху). Линия, вдоль которой направлена ось светового пучка, должна проходить от диаметра стакана на расстоянии равном половине радиуса его основания.

Для пунктов 2.1 и 2.2 выполните следующие задания.

А) Размещая карандаш вертикально как можно ближе к стакану, но не сдвигая стакан, определите дуги, в которых лучи исходят от поверхности стакана. Покажите эти дуги штриховкой на контуре стакана на одном из листов с окружностью - транспортиром.

Б) Перемещая экран вокруг стакана, по окружности-транспортиру, обнаружьте дуги, в которые попадают лучи светового пучка. На том же листе, который вы использовали в подпункте «А» отметьте на окружности штриховкой дуги, в которые попадают лучи лазера.

В) Обозначьте дуги буквами и напишите из какой дуги в какую дугу попадают лучи. На листе обязательно напишите номер пункта задачи, к которому относится сделанный рисунок.

Часть 3. Построение хода лучей

Указание. Толщиной стенок стакана пренебречь, (считайте, что лучи падают на поверхность воды). Окружность обозначает проекцию боковой поверхности стакана на плоскость его основания. Масштаб рисунка увеличен, однако пропорции соблюдены.*

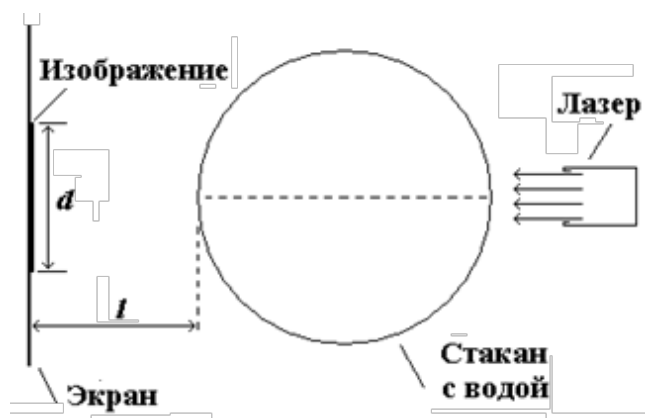
3.1 На листе с надписью «К пункту 3.1» покажите ход осевого (центрального) и одного из крайних лучей лазерного пучка после попадания его на боковую поверхность стакана (лучи 1 и 2).

3.2 На листе с надписью «К пункту 3.2» Покажите ход крайних лучей лазерного пучка после попадания его на боковую поверхность стакана (лучи 3 и 4).

Часть 4. Фокус прозрачного цилиндра

(Погрешности в данной части вычислять не нужно)

Направьте на стакан с водой световой пучок от лазера (рис. 6, вид сверху). Линия, вдоль которой направлен пучок, должна проходить через диаметр стакана. **4.1** Исследуйте зависимость $d(l)$ ширины пучка на экране d от расстояния между экраном и крайней точкой стакана l . (см. рис.6). Результаты представьте таблично и графически. **4.2** По экспериментальным данным определите математический вид зависимости $d(l)$, составьте уравнение данной зависимости. **4.3** Определите положение фокуса стакана с водой в системе координат: центр O совпадает с центром окружности, обозначающей контур стакана, ось OY – на рисунке вверх, ось OX – к экрану вдоль диаметра стакана.



9_2 Прозрачный цилиндр (решение)

Часть 1. Повторение

Решение данной части является тривиальным, поэтому подробное решение и построение хода лучей авторы не приводят. При проверке работ жюри следует обратить внимание на то, чтобы учащимися были правильно вычислены углы падения и отражения $\alpha = \beta = 30^\circ$, углы преломления (в п.1.1 $\gamma = 22^\circ$, в п.1.2 $\gamma = 42^\circ$), построены отражённый и преломлённый лучи в соответствии со значениями данных углов, верно обозначены углы α, β, γ .

Часть 2. Наблюдение и заштриховка дуг

2.1

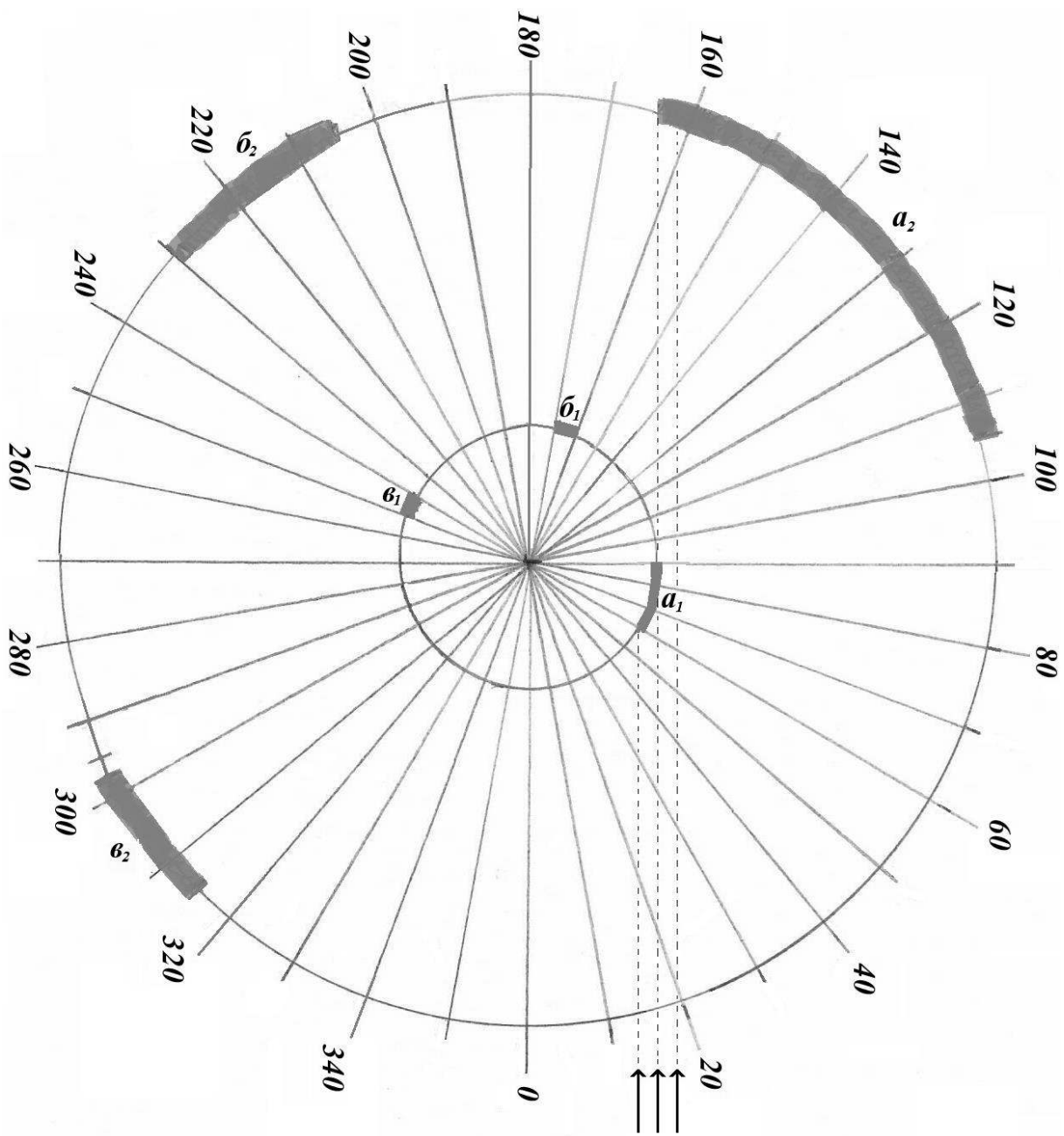


Рисунок 7. Заштрихованные дуги к п. 2.1

В дугу a_2 попадают лучи, отражённые от дуги a_1 , в дугу b_2 попадают лучи, преломленные на дуге b_1 , в дугу v_2 попадают лучи, преломленные на дуге v_1 . В дугу v_1 попадают лучи, отражённые внутри стакана от дуги b_1 , в дугу b_1 попадают лучи, преломленные на дуге a_1 .

2.2 В дугу a_4 попадают лучи, отражённые от дуги a_3 , в дугу b_4 попадают лучи, преломленные на дуге b_3 , в дугу v_4 попадают лучи, преломленные на дуге v_3 . В дугу v_3 попадают лучи, отражённые внутри стакана от дуги b_3 , в дугу b_3 попадают лучи, преломленные на дуге a_3 .

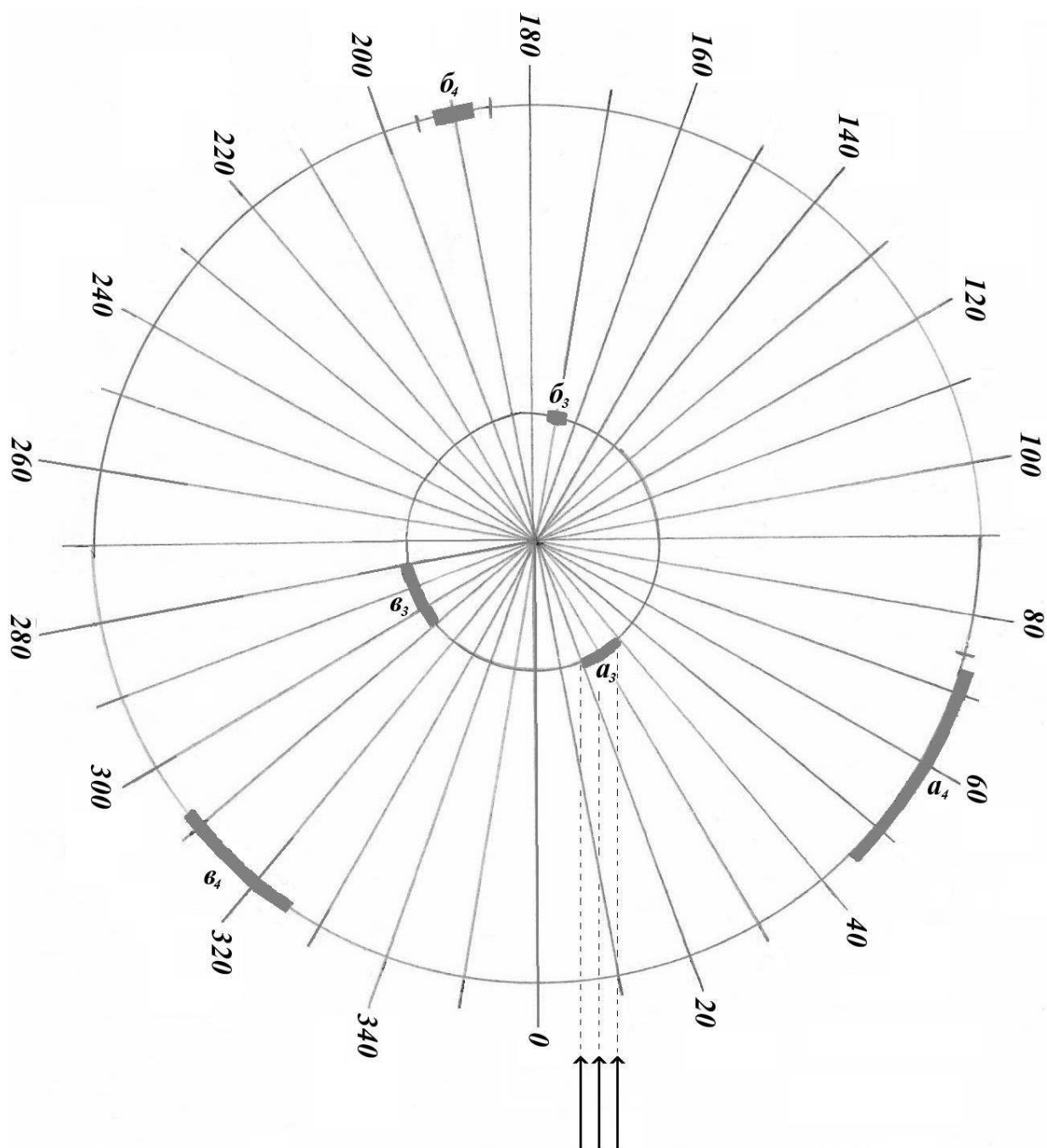


Рисунок 8. Заштрихованные дуги к п. 2.2

Часть 3. Построение хода лучей

3.1 При проверке работ жюри следует обратить внимание на то, чтобы учащимися были правильно измерены, вычислены и отложены углы падения, отражения и преломления. Для осевого луча 1: $\alpha_1 = \beta_1 = 90^\circ$, $\gamma_1 = 49^\circ$. Для крайнего луча 2: $\alpha_2 = \beta_2 = 58^\circ$, $\gamma_2 = 40^\circ$.

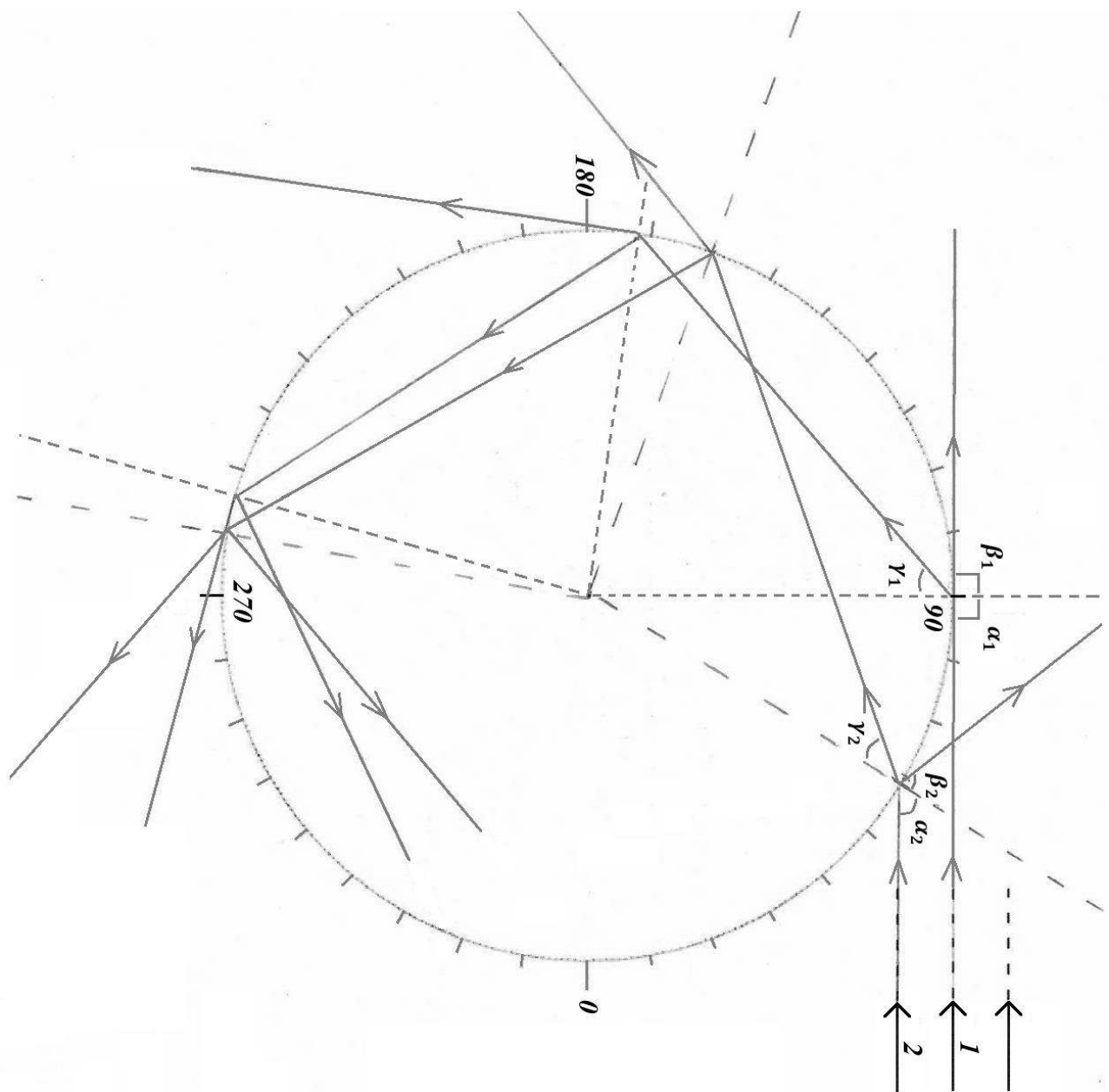


Рисунок 9. Ход лучей к п. 3.1

3.2 Углы падения, отражения и преломления. Для луча 3: $\alpha_3 = \beta_3 = 40^\circ$, $\gamma_3 = 29^\circ$, для луча 4: $\alpha_4 = \beta_4 = 20^\circ$, $\gamma_4 = 15^\circ$.

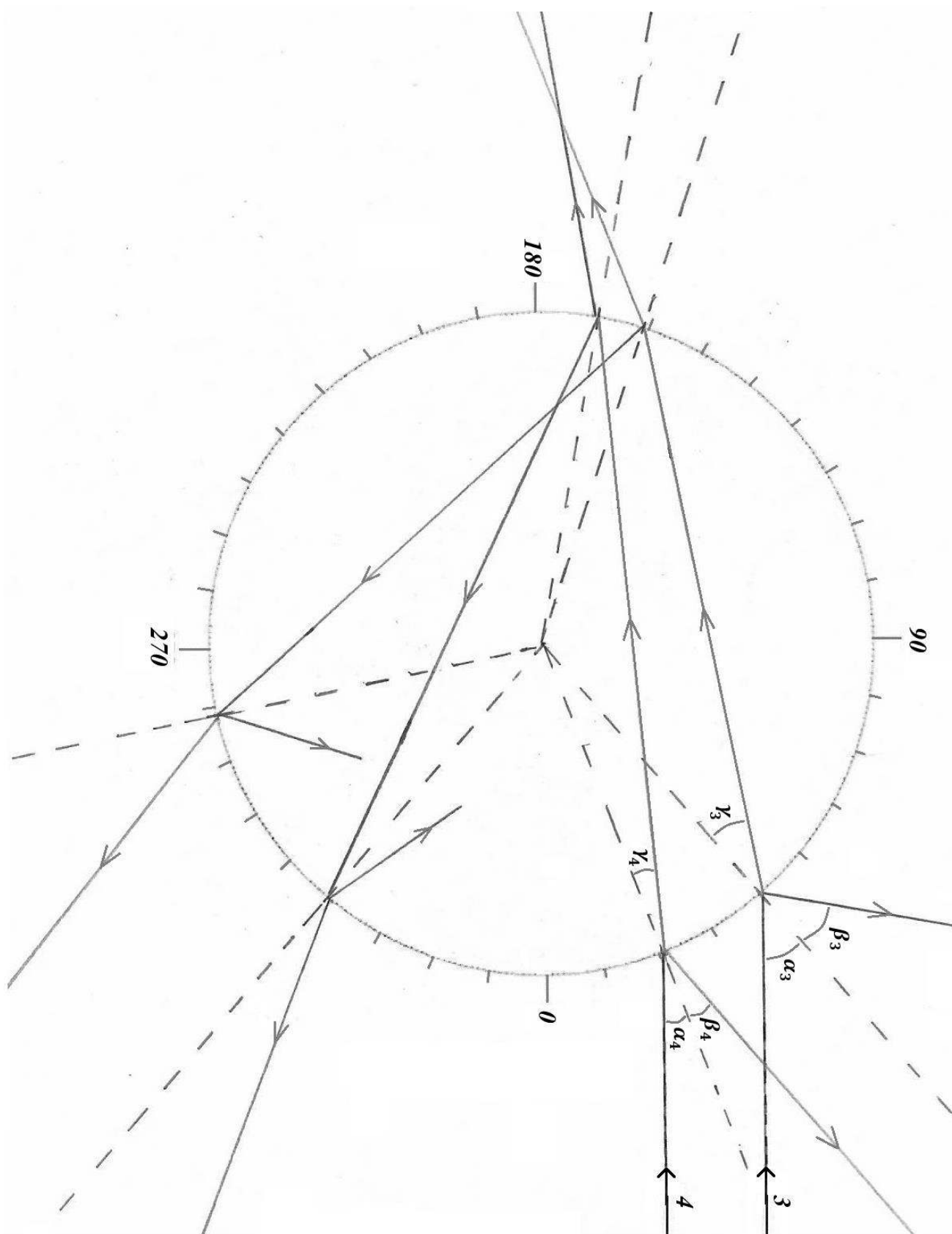


Рисунок 10. Ход лучей к п. 3.2

Как видим, угловая величина и положение дуг β_1 , ν_1 и β_3 , ν_3 определённых в части 2 несколько отличаются от соответствующих дуг, полученных при построении хода луче в части 3. Это

можно объяснить тем, что при проведении эксперимента пучок лазера мог быть направлен несколько иначе, чем направлены лучи в заданиях части 3.

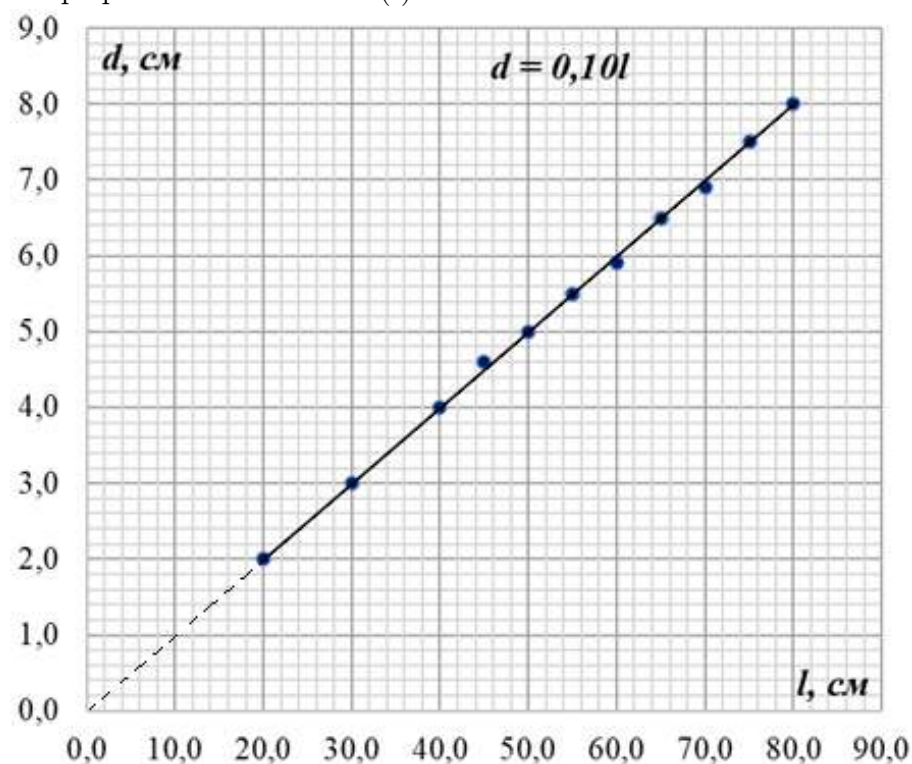
Часть 4. Фокус прозрачного цилиндра

4.1

Таблица. Зависимость $d(l)$

l , см	d , см
20,0	2,0
30,0	3,0
40,0	4,0
45,0	4,6
50,0	5,0
55,0	5,5
60,0	5,9
65,0	6,5
70,0	6,9
75,0	7,5
80,0	8,0

**График. Зависимость $d(l)$ **



4.2 Из графика видим, что зависимость $d(l)$ прямо пропорциональная. Используя МНК (можно использовать ПГО), определим угловой коэффициент наклона усредняющей прямой, получим:

$$k = 0,10$$

уравнение зависимости $d(l)$:

$$d = 0,10l.$$

4.3 Из графика видим, что при нулевой ширине пучка ($d = 0$), расстояние от поверхности стакана до экрана равняется нулю ($l = 0$), то есть фокус находится на поверхности стакана. Следовательно, координаты фокуса: $X = 2,0$ см; $Y = 0$. Координата X равна радиусу основания стакана, так как начало координат указано в центре окружности, обозначающей контур стакана.