1. Здравствуйте уважаемые зрители, члены жюри, команды соперницы. Меня зовут Лобач Игорь, я представляю сборную Гимназии №29 и буду докладывать задачу Яркие волны.
2. Для начала вспомним условие задачи:…
3. Мы поставили следующие цели работы:…
4. Для начала стоит немного времени уделить самой волне, а именно её форме. Удобнее всего нам, конечно, представить его синусом. Что мы и попробовали сделать. Обработав фото в программе LoggerPro и построив график зависимости уровня воды от координаты, мы обнаружили, что такая аппроксимация действительно довольно точно подходит. Другими словами можно сказать что мы разложили периодическую функцию в ряд Фурье до первого порядка.
5. Для того чтобы понять суть данного явления можно мысленно пустить некоторое количество вертикальных лучей в воду. На слайде отображено как они поведут себя в воде. Здесь видно что в некоторых областях они собираются в плотные пучки. Это происходит на некотором расстоянии F от поверхности воды – будем называть его фокусом. Теперь давайте пустим еще большее количество лучей. Тогда, если мысленно выдрать некоторую горизонтальную полоску, характеризующую дно, то вблизи неё мы увидим картинку на дне только в негативе. И, что видно из рисунка, в зависимости от толщины слоя воды картинка будет изменяться. Конечно, интересно что будет при дальнейшем увеличении глубины, и здесь мы видим что четкость рисунка будет всё меньше и меньше, пока он вообще не пропадёт.
6. Таким образом уже сейчас можно представить теоритическую модель для построения симулятора в программе Wolfram Mathematica . Мы будем строить трехмерную модель, но, при необходимости её можно будет использовать и как двухмерную. И так, мы будем разбивать поверхность воды на N1 квадратиков, на каждый из которых падает луч света интенсивностью I0 . Дно мы также разобьем на N2 квадрата, и важно, что N2<<N1, в нашем симуляторе N1 , было около 1000000, а N2 около 1000. Если нам известен уровень воды в каждой точке, а он нам известен, то мы можем через координаты луча на поверхности(x1,y1) найти координаты преломленного луча на дне(x2,y2), используя закон преломления света и геометрию, а так же и интенсивность преломленного луча. Далее мы просто проходим по всем ячейкам на поверхности воды и затем смотрим, какая интенсивность собралась в каждой ячейке на дне. Теперь поподробнее про соотношение интенсивностей падающего и преломленного лучей.
7. Его мы определили с помощью формул Френеля. Которые указывают соотношения между квадратами перпендикулярных и параллельных фронту волны составляющих вектора напряженности.
8. Необходимо упомянуть, что на наш взгляд в данном явлении нет необходимости учитывать волновые эффекты. Для подтверждения этого проведем некоторую оценку. Все знают формулу для расстояния между полосками при интерференции двух световых волн составляющих между собой угол ϕ. Применим её для оценки. Можно пустить два симметричных пучка лучей например из соседних нулей синусоиды. Если амплитуда волны например 2мм а её длина 5 см, тогда ширина интерференционных полос равна 14\*10^-6 м, что человеческий глаз различить не сможет. При уменьшении ϕ Δx растет, но, например, для того, чтобы Δx равнялся 1 мм ϕ должен равняться 6\*10^-4 рад, это очень маленький промежуток, а главное, что если интерференция и присутствует, то это наложение множества интерференционных картинок одна на одну, причем ширина полос каждой крайне мала. Поэтому в данном явлении работают приближения геометрической оптики.
9. Также важно то, что из нашей теории не всё можно получить только численно. Упомянутое ранее фокусное расстояние можно найти и в общем виде. Для этого давайте по известной формуле найдем радиус кривизна нашей синусоиды в точке λ/4. Далее представим слой воды как суперпозицию линзы с найденным нами радиусом кривизны и прямоугольного слоя воды, который увеличивает фокусное расстояние в n раз. Таким образом находим фокусное расстояние через параметры волны. На этом заканчивается физическая основа теории, далее всё сводится к численному решению.
10. Перейдем к экспериментальному исследованию и сравнению результатов с теорией.
11. На данном слайде представлено фото нашей установки. В качестве сосуда мы использовали самодельный аквариум, в качестве подсветки – мощную лампу накаливания, которая располагалась на большой высоте над аквариумом, чтобы свет можно было считать нормальным. В нашей установке важно то, что мы решили в наблюдать за рисунком на дне не сверху через воду и не сбоку через стенку. Мы решили положить на прозрачное дно аквариума лист кальки и наблюдать за картинкой снизу , в свете, который проходит через бумагу. Для этого мы составляли четыре парты, оставляя пространство между ними для аквариума, парты с боков закрывали тканью, чтобы не пропускать под парты свет. Под аквариум устанавливали камеру и фотографировали дно снизу.
12. На данном слайде более подробно описана одна из наших установок для генерации волн. Модулировали их мы с помощью низкочастотного динамика с усилителем, сигнал посылали от компьютера с помощью программы Wolfram Mathematica. Также мы пробовали присоединять динамик просто к стенке аквариума.
13. С помощью таких установок мы получали одномерные волны, как на фото.
14. Конечно нам необходимо доказать то, что наблюдение картинки снизу эквивалентно наблюдению сбоку. Мы бы конечно могли сравнить эти два способа и нашу теорию в таком виде, как представлено на слайде. Но на самом деле, то, что координаты ярких полос сходятся, говорит только о том что они находятся под горбиками волн. Поэтому необходимо сравнивать распределение интенсивности по дну.
15. Для того, чтобы определить интенсивность света с фотографии мы решили использовать программу Paint.net, в ней, как и во многих других редакторах, есть цветовая схема RGB, которая указывает интенсивности трех составляющих цвета, для полной интенсивности нам необходима сумма трех этих значений.
16. Таким образом, можно представить график распределения интенсивности, полученный с фото через стенку аквариума. Точность таких измерений, конечно не велика, но если добавить график с фото с нижней поверхности дна и провести сглаживающую линию, то видно, что оба графика совпадают, и благодаря сглаживающей линии вырисовывается логичная картинка.
17. Также теперь добавим теорию и мы видим, что схождение действительно высокое. Однако не стоит забывать, что мы сравниваем только вид зависимостей, так как нашим методом нельзя получить абсолютное значение интенсивности из эксперимента. Однако даже такое схождение позволяет нам с уверенностью использовать нашу теорию.
18. Перейдем к одномерным волнам. Из теории следует три основных случая:1) При глубине, равной фокусному расстоянию мы наблюдаем резкие пики интенсивности,2) При меньшей глубине пики сглажены,3) При большей глубине наблюдаются раздвоенные пики интенсивности. Последние кажутся наиболее подозрительными и неправдоподобными, поэтому мы сразу представим фотографию в доказательство их существования.
19. На данном слайде представлена зависимость от уровня воды. Мы долго думали, в каком виде представлять зависимости, мы бы конечно могли построить множество распределений интенсивности, но это было бы бессмысленно, так как в данной задаче важно именно то, что мы видим, поэтому результаты представлены в фотографиях. И так, при уровне воды в 13,14 см пучок лучей еще не успевает стать достаточно плотным, при уровне воды в 15 см мы наблюдаем достаточно точную фокусировку, при уровне воды в 16,17 см пучок лучей расходится, что уменьшает интенсивность.
20. Зависимость от громкости. Несмотря на то, что изменяется громкость, мысленно мы можем представить, что изменяется глубина, и тогда можно выделить те же три области:1)при громкости в 2,3,2)при громкости в 4,3)при громкости в 4,5. То что мы наблюдаем одинаковые зависимости говорит о том, что нам не важны абсолютные значения параметров волны и глубины воды, нам важно лишь их соотношение.
21. Перейдем к концентрическим волнам.
22. На данном слайде представлена схема установки для создания таких волн. Основная идея – использование рычага.
23. Это уже фото нашей установки. Волны создавались стаканчиком, роль рычага выполняли склеенные скотчем линейки, создавал колебания тот же динамик.
24. Для концентрических волн нашу теорию необходимо немного модифицировать. Из-за сферической симметрии мы конечно будем использовать двухмерную модель. Необходимо изменить зависимость уровня воды от координаты. На слайде представлено, что из закона сохранения энергии следует, что амплитуда колебаний будет уменьшаться обратно пропорционально корню из расстояния до оси.
25. Эффекты, наблюдаемые у концентрических волн интереснее из-за того, что амплитуда колебаний изменяется с расстоянием. А поэтому фокусировка лучей также изменяется с расстоянием. Опять можно выделить три области. Первая, когда глубина меньше фокусного расстояния и из-за того что амплитуда с координатой еще больше уменьшается, то фокусировка тоже становится всё хуже и хуже. Вторая, когда при некоторой координате амплитуда и глубина соответствуют наилучшей фокусировке и в обе стороны фокусировка ухудшается. Третья, когда глубина больше фокусного расстояния и из-за того, что амплитуда с координатой уменьшается, то фокусировка улучшается с координатой. Так же вы можете видеть фотографии, подтверждающие данные эффекты на практике.
26. Зависимость от частоты, более сложная, так как здесь изменяются сразу два параметра: длина волны и амплитуда. Однако видно, что здесь также наблюдается некоторый экстремум фокусировки.
27. Перейдем к исследованию двух перпендикулярных волн. Их можно получить простым ударом по стенке аквариума.
28. Снова необходимо изменить зависимость уровня воды от координат. В данном случае можно использовать метод суперпозиции.
29. И собственно теперь можно построить график зависимости интенсивности от координат или в виде картинки. Как видно результаты эксперимента и теоритических расчетов очень похожи.
30. Перейдем к выводам:…