## Содержание

## Вопрос 1

## Вопрос 2

## Вопрос 3

## Вопрос 4

## Вопрос 5

## Вопрос 6

## Вопрос 7

## Вопрос 8

## Вопрос 9

## Вопрос 10

## Вопрос 1

Привести основной закон динамики вращательного движения

Основной закон динамики вращательного движения можно получить теоретическим путем, используя основной закон динамики поступательного движения. Ведь любое вращающееся твердое тело можно представить себе состоящим из множества частичек и к каждой из них применить второй закон Ньютона. Но этот подход требует знания высшей математики, поэтому мы получим основной закон динамики вращательного движения опытным путем.

Для установления основного закона динамики вращательного движения может быть использован прибор, внешний вид которого представлен на рисунке 2.1. Металлический диск укреплен на вертикальной оси с помощью шарикоподшипника. Силы трения, возникавшие в подшипнике при вращении диска, настолько малы, что их влиянием на результат эксперимента можно пренебречь. В том легко убедиться, приведя диск во вращение - диск совершает 20-30 оборотов практически с постоянной угловой скоростью. Измерение угловой скорости производят с помощью центробежного тахометра.

Диск приводят во вращение с помощью намотанной на шкив нити. Для этого нить перебрасывают через блок и к ее концу подвешивают груз. Перемещение груза вниз под действием силы тяжести - приводит диск во вращение.

В рассмотренном опыте начальная угловая скорость вращения диска равна нулю

()

поэтому ее значение в любой момент времени t определится выражением:

Измерив время падения груза t и максимальную угловую скорость , которую приобретает диск за это время, можно определить угловое ускорение по формуле:

Зависимость углового ускорения от момента действующей силы.

Первоначально исследуем зависимость углового ускорения вращения диска от действующей силы F, если плечо силы относительно данной оси вращения d остается постоянным (d = const).

Опыт показывает, что при увеличении силы в 2, 3, 4 и т. д. раз угловое ускорение увеличивается соответственно во столько же раз. Следовательно, угловое ускорение вращающегося тела прямо пропорционально модулю действующей силы при постоянном плече d этой силы:

Затем установим зависимость углового ускорения вращения тела от плеча силы относительно данной оси вращения при постоянной действующей силе (F = const).

Под диском в приборе установлены два шкива разного радиуса (рис. 2.1). Намотав нить на шкив в два раза большего радиуса, можно увидеть, что увеличение плеча силы в два раза при постоянной по модулю действующей силе приводит к увеличению углового ускорения диска также в два раза.

Итак, угловое ускорение вращающегося тела при постоянной по модулю действующей силе прямо пропорционально плечу силы относительно оси вращения:

, если F = const

Так как угловое ускорение прямо пропорционально силе F при постоянном значении плеча силы и плечу силы d относительно данной оси вращения при постоянном значении действующей силы F, то очевидно, что оно пропорционально их произведению, т. е. пропорционально моменту силы М=Fd:

Если намотать нити на два шкива и к ним подвесить грузы, то на диск будут действовать два момента внешних сил. Опыт показывает, что угловое ускорение диска прямо пропорционально сумме моментов всех действующих на тело сил относительно данной оси вращения:

Зависимость углового ускорения от свойств вращающегося тела.

Ускорение поступательно движущегося тела зависит от массы тела. Естественно предположить, что и угловое ускорение зависит от массы вращающегося тела.

Увеличим массу вращающегося тела. Для этого поставим на диск две гири . При том же моменте действующей силы угловое ускорение вращения диска теперь оказывается меньшим, чем было прежде. Изменим расположение гирь относительно оси вращения диска: отодвинем гири ближе к краям диска. Угловое ускорение при этом еще сильнее уменьшится. Следовательно, угловое ускорение зависит не только от массы вращающегося тела, но и от ее расположения относительно оси вращения.

Характеристика тела, зависящая от массы и ее распределения относительно оси вращения называется моментом инерции. Момент инерции обозначается буквой I.

Результаты выполненных экспериментов можно записать в виде:

Это основное уравнение динамики вращательного движения тела: угловое ускорение вращающегося тела прямо пропорционально сумме моментов всех действующих на него сил относительно оси вращения тела и обратно пропорционально моменту инерции тела относительно этой оси вращения. Полученное уравнение аналогично по форме записи выражению второго закона Ньютона для поступательного движения тела.

Ускорению поступательного движения тела а соответствует угловое ускорение вращательного движения . Аналогом силы F при поступательном движении, является момент силы М во вращательном движении, а аналогом массы тела m при поступательном движении, служит момент инерции тела I при вращательном движении.


## Вопрос 2

Дать определение колебательному процессу. Дать определение основным характеристикам колебательного процесса: амплитуде, частоте, периоду, фазе, начальной фазе. Какие колебания называются гармоническими?

Колебаниями называются движения или процессы, обладающие той или иной повторяемостью во времени.

Примеры колебаний: колебание величины заряда на обкладках конденсатора в колебательном контуре; колебание грузика, закрепленного на пружине; колебание маятника.

Гармонические колебания - это такие колебания, при которых колеблющаяся величина x изменяется со временем по закону синуса, либо косинуса:

,

или

гдеA - амплитуда;

ω - круговая частота;

α - начальная фаза;

( ωt + α ) - фаза.

Фаза колебания - это аргумент гармонической функции:

( ωt + α )

Начальная фаза α - это значение фазы в начальный момент времени, т.е. при t = 0.

Амплитуда колебания A - это наибольшее значение колеблющейся величины.

При изменении аргумента косинуса, либо синуса на 2π эти функции возвращаются к прежнему значению. Найдем промежуток времени T, в течение которого фаза гармонической функции изменяется на 2π .

ω(t + T) +α = ωt + α + 2π,

или

ωT = 2π.

Время T одного полного колебания называется периодом колебания. Частотой ν называют величину, обратную периоду

Единица измерения частоты - герц (Гц), 1 Гц = 1 с-1.

Так как

,

то

Круговая, или циклическая частоты ω в 2π раз больше частоты колебаний ν. Круговая частота - это скорость изменения фазы со временем. Действительно:

График гармонического колебания

Дифференциальное уравнение гармонических колебаний

Колеблющиеся системы

Рассмотрим колебания в трех системах:

а) колебания заряда в колебательном контуре L,C;

б) колебания грузика, прикрепленного к пружине;

в) колебание физического маятника - любого тела, совершающего колебания вокруг горизонтальной оси, не проходящей через его центр тяжести.

Колеблющиеся величины

q - заряд x - координата грузика φ - угол отклонения

## Вопрос 3

Написать уравнение состояния идеального газа. Дать определение молярному объему, молярной массе.

Газ идеальный - газ, подчиняющийся уравнению состояния (V\*- мольный объем). Молекулы такого гипотетического газа можно рассматривать как систему не имеющих размеров материальных точек, которые не взаимодействуют между собой, но оказывают давление на стенки сосуда, в котором газ находится. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа зависят только от температуры.

Молярная величина – отношение величины, характеризующей порцию вещества, к количеству вещества этой порции.

Молярная величина показывает значение соответствующей обычной величины для 1 моля вещества.

С одной из молярных величин вы уже знакомы – это молярная масса.

Молярная масса вещества Б – отношение массы порции вещества Б к количеству вещества этой порции.

Молярная масса вещества соответствует массе 1 моля этого вещества.

Молярная масса вещества не зависит от внешних условий и агрегатного состояния вещества.

Молярная масса характеризует не только химические вещества, но и элементы, изотопы и любые другие совокупности более или менее одинаковых частиц (ионов, электронов и т. п.).

Молярный объем вещества Б – отношение объема порции вещества Б к количеству вещества этой порции.

Другая часто используемая молярная величина – молярный объем.

Молярный объем вещества соответствует объему 1 моля этого вещества.

Молярный объем зависит от температуры и давления и может быть определен для любого агрегатного состояния вещества.
К молярным величинам относится и постоянная Авогадро.

Постоянная Авогадро (" молярное число частиц" ) – отношение числа частиц в порции вещества к количеству вещества этой порции.

Постоянная Авогадро соответствует числу частиц в одном моле химического вещества, элемента, изотопа, или любой другой совокупности более или менее одинаковых частиц.

[NA] = 1 моль– 1.


## Вопрос 4

Дать определение основным характеристикам электрического поля. Напряженности, потенциалу. Как связаны между собой эти характеристики. В каких единицах измеряются?

Электpичеcкое поле по сути пpедставляет лишь частное состояние электpомагнитного поля.

Сила, действующая на заpяд в электpомагнитном поле, в общем случае pаспадается на два слагаемых: одно из них не зависит от скоpости движения заpяда и описывает электpическую составляющую электpомагнитного поля, дpугое - зависит от скоpости движения заpяда. Оно обpащается в нуль, если скоpость движения заpяда pавна нулю. Это слагаемое описывает магнитную составляющую поля.

Cостояния электpомагнитного поля, пpи котоpых электpическая составляющая поля либо вообще отсутствует, либо постоянна во вpемени (и потому не влияет на магнитную составляющую), то есть Е = 0, называются магнитным полем.

Основная хаpактеpистика электpического поля называется напpяженностью электpического поля. Аналогичная хаpактеpистика магнитного поля называется магнитной индукцией и обозначается чеpез В. Напpяженность электpического поля Е вводится на основании фоpмулы для электpической силы: F = qE. Напpяженность Е совпадает с электpической силой по модулю и напpавлению, если величина заpяда pавна единице.

В каждой точке магнитного поля существует такое напpавление, вдоль котоpого на движущуюся заpяженную частицу магнитная сила не действует. Это напpавление можно назвать магнитной осью.

Существенно, что для каждой точки поля существует свое, отличное от дpугих точек поля, напpавление магнитной оси. Это напpавление выбиpают за напpавление вектоpа В.

Тем самым напpавление вектоpа В опpеделено. Следует опpеделить его модуль. Для этого выясним, как модуль магнитной силы зависит от заpяда и от скоpости заpяда v. Опыт показывает, что эта зависимость сложная. Во-пеpвых, магнитная сила всегда напpавлена пеpпендикуляpно и к скоpости движущейся частицы, и к магнитной оси, а по модулю пpопоpциональна заpяду, скоpости и синусу угла между скоpостью и магнитной осью (pис. 3.1). В виде фоpмулы эта зависимость выглядит следующим обpазом:

Коэффициент пpопоpциональности в этой фоpмуле не зависит от паpаметpов частицы, она определяется исключительно полем. Он и пpинимается за модуль магнитной индукции.

В pезультате фоpмула для силы (в СИ) пpиобpетает вид

F = B |q| vsin 

Индукция В по модулю pавна магнитной силе, действующей на единичный положительный заpяд, движущийся с единичной скоpостью (1 м/с) пеpпендикуляpно к магнитной оси.

Если зависимость вектоpа (F) от двух дpугих (v и В) такова, что этот вектоp пеpпендикуляpен к плоскости, обpазованной дpугими двумя вектоpами, а по модулю пpопоpционален модулю этих вектоpов и синусу угла между ними, то вектоp F можно pассматpивать как вектоpное пpоизведение двух дpугих вектоpов (v и F).

Это означает, что фоpмула для магнитной силы в СИ может быть пpедставлена в таком виде:

F = q[v x B]

Магнитная сила, действующая на движущийся положительный заpяд, напpавлена пеpпендикуляpно к плоскости вектоpов v и В в ту стоpону, в котоpую поступательно пеpемещается пpавый винт, если его повоpачивать по кpатчайшему pасстоянию от вектоpа v к вектоpу В.

Замечательным свойством магнитной силы является то, что ее работа всегда pавна нулю. Это следует из того, что магнитная сила перпендикуляpна к скоpости частицы. Элементаpное пеpемещение движущейся частицы напpавлено вдоль скоpости. Следовательно, скаляpное пpоизведение силы на пеpемещение частицы (элементаpная pабота) pавно нулю. Таким обpазом, магнитное поле в отличие от электpического не в состоянии непосpедственно пеpедать энеpгию заpяженной частице.

## Вопрос 5

Что такое «дифракция»? В чем суть принципа Гюйгенса-Френеля?

Дифракцией света называется явление отклонения света от прямолинейного направления распространения при прохождении вблизи препятствий. Как показывает опыт, свет при определенных условиях может заходить в область геометрической тени. Если на пути параллельного светового пучка расположено круглое препятствие (круглый диск, шарик или круглое отверстие в непрозрачном экране), то на экране, расположенном на достаточно большом расстоянии от препятствия, появляется дифракционная картина – система чередующихся светлых и темных колец. Если препятствие имеет линейный характер (щель, нить, край экрана), то на экране возникает система параллельных дифракционных полос.

Дифракционные явления были хорошо известны еще во времена Ньютона, но объяснить их на основе корпускулярной теории света оказалось невозможным. Первое качественное объяснение явления дифракции на основе волновых представлений было дано английским ученым Т. Юнгом. Независимо от него французский ученый О. Френель развил количественную теорию дифракционных явлений (1818 г.). В основу теории Френель положил принцип Гюйгенса, дополнив его идеей об интерференции вторичных волн. Принцип Гюйгенса в его первоначальном виде позволял находить только положения волновых фронтов в последующие моменты времени, т. е. определять направление распространения волны. По существу, это был принцип геометрической оптики. Гипотезу Гюйгенса об огибающей вторичных волн Френель заменил физически ясным положением, согласно которому вторичные волны, приходя в точку наблюдения, интерферируют друг с другом. Принцип Гюйгенса–Френеля также представлял собой определенную гипотезу, но последующий опыт подтвердил ее справедливость. В ряде практически важных случаев решение дифракционных задач на основе этого принципа дает достаточно хороший результат. Рис. иллюстрирует принцип Гюйгенса–Френеля.

Рисунок - Принцип Гюйгенса–Френеля. ΔS1 и ΔS2 – элементы волнового фронта, и – нормали

Пусть поверхность S представляет собой положение волнового фронта в некоторый момент. Для того чтобы определить колебания в некоторой точке P, вызванное волной, по Френелю нужно сначала определить колебания, вызываемые в этой точке отдельными вторичными волнами, приходящими в нее от всех элементов поверхности S (ΔS1, ΔS2 и т. д.), и затем сложить эти колебания с учетом их амплитуд и фаз. При этом следует учитывать только те элементы волновой поверхности S, которые не загораживаются каким-либо препятствием.

Рассмотрим в качестве примера простую дифракционную задачу о прохождении плоской монохроматической волны от удаленного источника через небольшое круглое отверстие радиуса R в непрозрачном экране (рис. 3.8.2).

Рисунок - Дифракция плоской волны на экране с круглым отверстием

Точка наблюдения P находится на оси симметрии на расстоянии L от экрана. В соответствии с принципом Гюйгенса–Френеля следует мысленно заселить волновую поверхность, совпадающую с плоскостью отверстия, вторичными источниками, волны от которых достигают точки P. В результате интерференции вторичных волн в точке P возникает некоторое результирующее колебание, квадрат амплитуды которого (интенсивность) нужно определить при заданных значениях длины волны λ, амплитуды A0 падающей волны и геометрии задачи. Для облегчения расчета Френель предложил разбить волновую поверхность падающей волны в месте расположения препятствия на кольцевые зоны (зоны Френеля) по следующему правилу: расстояние от границ соседних зон до точки P должны отличается на полдлины волны, т. е.

Если смотреть на волновую поверхность из точки P, то границы зон Френеля будут представлять собой концентрические окружности (рис. 3.8.3).

Рисунок - Границы зон Френеля в плоскости отверстия.

Из рис. 3.8.2 легко найти радиусы ρm зон Френеля:

Так в оптике λ << L, вторым членом под корнем можно пренебречь. Количество зон Френеля, укладывающихся на отверстии, определяется его радиусом R:

Здесь m – не обязательно целое число. Результат интерференции вторичных волн в точке P зависит от числа m открытых зон Френеля. Легко показать, что все зоны имеют одинаковую площадь:

Одинаковые по площади зоны должны были бы возбуждать в точке наблюдения колебания с одинаковой амплитудой. Однако у каждой последующей зоны угол α между лучом, проведенным в точку наблюдения, и нормалью к волновой поверхности возрастает. Френель высказал предположение (подтвержденное экспериментом), что с увеличением угла α амплитуда колебаний уменьшается, хотя и незначительно:

A1 > A2 > A3 > ... > A1,

где Am – амплитуда колебаний, вызванных m-й зоной.

С хорошим приближением можно считать, что амплитуда колебаний, вызываемых некоторой зоной, равна среднему арифметическому из амплитуд колебаний, вызываемых двумя соседними зонами, т. е.

Так как расстояния от двух соседних зон до точки наблюдения отличаются на λ / 2, следовательно, возбуждаемые этими зонами колебания находится в противофазе. Поэтому волны от любых двух соседних зон почти гасят друг друга. Суммарная амплитуда в точке наблюдения есть

A = A1 – A2 + A3 – A4 + ... = A1 – (A2 – A3) – (A4 – A5) – ... < A1.

Таким образом, суммарная амплитуда колебаний в точке P всегда меньше амплитуды колебаний, которые вызвала бы одна первая зона Френеля. В частности, если бы были открыты все зоны Френеля, то до точки наблюдения дошла бы невозмущенная препятствием волна с амплитудой A0. В этом случае можно записать:

Так как выражения, стоящие в скобках, равны нулю. Следовательно, действие (амплитуда), вызванное всем волновым фронтом, равно половине действия одной первой зоны.

Итак, если отверстие в непрозрачном экране оставляет открытой только одну зону Френеля, то амплитуда колебаний в точке наблюдения возрастает в 2 раза (а интенсивность в 4 раза) по сравнению с действием невозмущенной волны. Если открыть две зоны, то амплитуда колебаний обращается в нуль. Если изготовить непрозрачный экран, который оставлял бы открытыми только несколько нечетных (или только несколько четных) зон, то амплитуда колебаний резко возрастает. Например, если открыты 1, 3 и 5 зоны, то

A = 6A0, I = 36I0.

Такие пластинки, обладающие свойством фокусировать свет, называются зонными пластинками.

При дифракции света на круглом диске закрытыми оказываются зоны Френеля первых номеров от 1 до m. Тогда амплитуда колебаний в точке наблюдения будет равна

или A = Am + 1 / 2, так как выражения, стоящие в скобках, равны нулю. Если диск закрывает зоны не слишком больших номеров, то Am + 1 ≈ 2A0 и A ≈ A0, т. е. в центре картины при дифракции света на диске наблюдается интерференционный максимум. Это – так называемое пятно Пуассона, оно окружено светлыми и темными дифракционными кольцами.

Оценим размеры зон Френеля. Пусть, например, дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном на расстоянии L = 1 м от препятствия. Длина волны света λ = 600 нм (красный свет). Тогда радиус первой зоны Френеля есть

Таким образом, в оптическом диапазоне вследствие малости длины волны размер зон Френеля оказывается достаточно малым. Дифракционные явления проявляются наиболее отчетливо, когда на препятствии укладывается лишь небольшое число зон:

Это соотношение можно рассматривать как критерий наблюдения дифракции. Если число зон Френеля, укладывающихся на препятствии, становится очень большим, дифракционные явления практически незаметны:

Это сильное неравенство определяет границу применимости геометрической оптики. Узкий пучок света, который в геометрической оптике называется лучом, может быть сформирован только при выполнении этого условия. Таким образом, геометрическая оптика является предельным случаем волновой оптики.

Выше был рассмотрен случай дифракции света от удаленного источника на препятствиях круглой формы. Если точечный источник света находится на конечном расстоянии, то на препятствие падает сферически расходящаяся волна. В этом случае геометрия задачи несколько усложняется, так как зоны Френеля теперь нужно строить не на плоской, а на сферической поверхности .

Расчет приводит к следующему выражению для радиусов ρm зон Френеля на сферическом фронте волны:

Все выводы изложенной выше теории Френеля остаются справедливыми и в этом случае.

Следует отметить, что теория дифракции (и интерференции) световых волн применима к волнам любой физической природы. В этом проявляется общность волновых закономерностей. Физическая природа света в начале XIX века, когда Т. Юнг, О. Френель и другие ученые развивали волновые представления, еще не была известна.

## Вопрос 6

Что такое лазер? Каков принцип действия лазера?

Слово лазер образовано как сочетание первых букв слов английского выражения «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» («усиление света при помощи индуцированного излучения»).

Лазерные источники света обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с другими источниками света:

1. Лазеры способны создавать пучки света с очень малым углом расхождения (около 10-5 рад). На Луне такой пучок, испущенный с Земли, дает пятно диаметром 3 км.

2. Свет лазера обладает исключительной монохроматичностью. В отличие от обычных источников света, атомы которых излучают свет независимо друг от друга, в лазерах атомы излучают свет согласованно. Поэтому фаза волны не испытывает нерегулярных изменений.

3. Лазеры являются самыми мощными источниками света. В узком интервале спектра кратковременно (в течение промежутка времени продолжительностью порядка 10-13 с) у некоторых типов лазеров достигается мощность излучения 1017 Вт/см2, в то время как мощность излучения Солнца равна только 7(103 Вт/см2, причем суммарно по всему спектру. На узкий же интервал ((=10-6 см (ширина спектральной линии лазера) приходится у Солнца всего лишь 0,2 Вт/см2. Напряженность электрического поля в электромагнитной волне, излучаемой лазером, превышает напряженность поля внутри атома.

В обычных условиях большинство атомов находится в низшем энергетическом состоянии. Поэтому при низких температурах вещества не светятся.

При прохождении электромагнитной волны сквозь вещество её энергия поглощается. За счёт поглощённой энергии волны часть атомов возбуждается, т. е. Переходит в высшее энергетическое состояние. При этом от светового пучка отнимается энергия h =E2-E1 равная разности энергий между уровнями 2 и 1.

##

## Вопрос 7

Через блок, имеющий форму диска перекинут шнур. Концам шнура привязали грузики массой 100 и 110 г. С каким угловым ускорением будут двигаться грузики, если масса блока равна 400 г?

a = m2g / (2m1 – m2) = 110\*9.8/ (2\*100-110) = 11.98 м/с2

## Вопрос 8

Человеческое ухо может воспринимать звуки частотой приблизительно от 20 до 20000 Гц. Между какими длинами волн лежит интервал слышимости звуковых колебаний? Скорость звука в воздухе считать равной 330 м/с.

Длина волны равна:

λ = υ/ν

Принимая скорость звука 330 м/с, получаем

λ1 = υ/ν1 = 330/20 = 16,5

λ2 = υ/ν2 = 330/20 000= 0,0165

Ответ: интервал слышимости звуковых колебаний лежит между длиной волны равной 0,0165 и длиной волны равной 16,5 мкм.

##

## Вопрос 9

Разность потенциалов между катодом и анодом электронного устройства 90 В, расстояние 1 мм. С каким ускорением движется электрон от катода к аноду? Какую скорость приобретет электрон, подлетая к аноду? За какое время электрон пролетит расстояние от катода до анода? Поле считать однородным.

Δφ = 90 B

В качестве пpимеpа pассмотpим движение заpяженной частицы в одноpодном магнитном поле. Сначала pассмотpим случай, когда частица влетает в магнитное поле пеpпендикуляpно к его силовым линиям. В этом случае магнитная сила не в состоянии вывести частицу из плоскости, пеpпендикуляpной к полю, т.к. сама пеpпендикуляpна к линиям поля. Учитывая, что магнитное поле не совеpшает pаботы над заpяженной частицей, ее кинетическая энеpгия остается постоянной (остается постоянным модуль скоpости частицы). Магнитное поле способно изменять только напpавление движения частицы. Поэтому ноpмальное ускоpение отлично от нуля.

Запишем уpавнение движения частицы. Согласно втоpому закону Ньютона

Отсюда следует, что pадиус кpивизны тpаектоpии движения частицы есть постоянная величина. Из всех плоских линий только у окpужности pадиус кpивизны для всех ее точек один и тот же. Следовательно, в данном случае частица движется по окpужности с pадиусом

Найдем пеpиод обpащения частицы по окpужности. Для этого pазделим длину окружности на скорость частицы:

Фоpмула показывает, что в одноpодном магнитном поле заpяженная частица движется с пеpиодом, не зависящим от ее скоpости, до тех поp, пока не сказывается pелятивистский эффект возpастания массы с увеличением скоpости. (Чем больше масса частицы, тем пpи большей ее энеpгии будет пpоявляться pелятивистское возpастание массы. У электpонов оно пpоявляется pаньше всего.)

## Вопрос 10

Во сколько раз уменьшается интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, угол между плоскостями поляризации которых равен 60?

Интенсивность волны равна:

Ослабление неполяризованного света через 1й николь =0.5.

После этого уже поляризованный свет подает на 2й николь повернутый на 60 град.

Он дополнительно ослабляет на 1\*cos(60)2.

Итого ослабление будет =0.5\*cos(60)2. = 0,25

Интенсивность естественного света уменьшается в 4 раза.