

Задание 11-13 ВОЛНЫ. Электромагнитные волны

Задачи простые

A1*. На рисунке изображен "моментальный снимок" электромагнитной волны. Пользуясь правилом правого винта, определите, в каком направлении распространяется эта волна.

A2*. Как изменится направление распространения электромагнитной волны, если в волне изменится на противоположное направление: а) индукция магнитного поля B ; б) напряженность электрического поля E ?

A3*. Закрытый колебательный контур заменили открытым. Почему при этом свободные электрические колебания в контуре затухают быстрее?

A4*. Какие вещества лучше отражают электромагнитные волны: металлы или диэлектрики? Почему?

A5*. В каком случае электромагнитная волна передает максимум энергии расположенному на ее пути колебательному контуру?

A6*. Почему при радиосвязи колебания высокой частоты называют несущими?

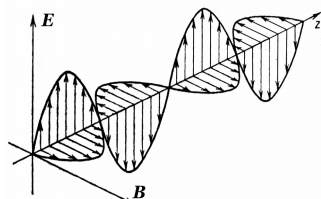
A7*. Почему нельзя осуществлять радиосвязь с помощью электромагнитных волн с подводной лодкой, когда она находится под водой?

A8*. Почему затруднена радиосвязь на коротких волнах в горной местности?

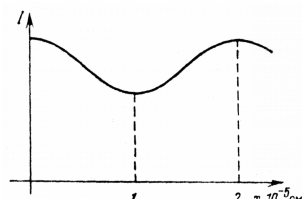
A9*. Почему радиоприемник в автомобиле плохо работает, когда он проезжает под эстакадой или мостом?

A10*. Почему устойчивый прием телевизионной передачи возможен только в пределах прямой видимости?

A11*. Почему радиолокационная установка должна посылать радиосигналы в виде коротких импульсов, следующих через равные промежутки времени друг за другом?



К задаче A1



К задаче B3

Задачи средние

B1*. Как связана напряженность электрического поля волны E с магнитной индукцией B в среде с диэлектрической проницаемостью ϵ и магнитной проницаемостью μ ?

B2. Согласно принципу Гюйгенса каждый участок фронта волны является источником вторичной сферической волны. Огибающая этих волн дает новый фронт волны. Покажите, используя этот принцип, что: а) плоский фронт электромагнитной волны перемещается со скоростью света c в направлении, перпендикулярном плоскости фронта; б) радиус сферического фронта за время τ возрастает на $c\tau$.

B3*. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в этой среде, если их частота в пустоте была равна 1 МГц?

B4. Как увеличить энергию, затрачиваемую в колебательном контуре на излучение в виде электромагнитных волн?

B5*. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $0,4$ мкФ и катушки индуктивностью 1 мГн. Определите длину волны, испускаемой этим контуром.

B6. На какую длину волны настроен колебательный контур, если он состоит из катушки индуктивностью $2 \cdot 10^{-3}$ Гн и плоского конденсатора? Расстояние между пластинами конденсатора равно 1 см, диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего пространство между пластинами, равна 11 , площадь пластин 800 см².

B7*. Определите ёмкость контура с индуктивностью 1 мкГн, если он испускает электромагнитные волны длиной 50 м.

B8*. Колебательный контур радиоприёмника имеет индуктивность $0,32$ мГн и конденсатор переменной ёмкости. Радиоприемник может принимать электромагнитные волны длиной от 188 до 545 м. В каких пределах изменяется электроёмкость конденсатора в приёмнике, если активным сопротивлением можно пренебречь?

° - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома

B9. Почему увеличение дальности радиосвязи с космическими кораблями в 2 раза требует увеличения мощности радиопередатчика в 4 раза?

B10*. Почему увеличение дальности радиолокации в 2 раза требует увеличения мощности передатчика в 16 раз? источник радиоволн точечный, и поглощением энергии средней можно пренебречь.

B11*. Чему равно расстояние до наблюдаемого объекта, если между посылкой импульса и его возвращением в радиолокатор прошло $0,0001$ с?

Задачи сложные

B1. Две плоские синусоидальные волны, амплитуда которых E_0 , имеют частоту соответственно ω и $\omega + \Delta$, $\Delta \ll \omega$, и распространяются в одном направлении, накладываясь друг на друга. Чему равна максимальная амплитуда результирующей волны? Определите распределение средней плотности энергии результирующей волны вдоль направления распространения волн.

B2*. Используя закон электромагнитной индукции и связь переменного электрического поля с магнитным полем, докажите, что скорость распространения волны в среде с диэлектрической проницаемостью ϵ и магнитной проницаемостью μ равна $c/\sqrt{\epsilon\mu}$.

B3°. При раздвигании двух параллельных полупрозрачных зеркальных пластин интенсивность электромагнитного излучения, прошедшего сквозь эти пластины, периодически меняется в зависимости от расстояния между ними (см. рисунок). Объясните это явление и определите, пользуясь рисунком, длину волны падающего излучения. Излучение распространяется перпендикулярно пластинам.

B4*. Амплитуда напряжённости электрического поля плоской синусоидальной волны равна E_0 . Какое среднее давление оказывает эта волна на плоскую металлическую стенку при нормальном падении на неё?

B5. Чему равно давление солнечного излучения на зеркальную поверхность вблизи Земли при нормальном падении на зеркало? При падении излучения на зеркало под углом 30° к нормали? Плотность потока энергии солнечного излучения равна 600 Вт/м².

B6. Среднее давление плоской синусоидальной волны, падающей под углом α на металлическую поверхность, равно P . Определите амплитуду напряженности электрического поля этой волны.

B7. С помощью принципа Гюйгенса докажите, что при падении плоской волны на границу раздела двух сред: а) угол падения равен углу отражения; б) отношение синуса угла падения к синусу угла преломления равно отношению скорости волны в первой среде к скорости волны во второй среде.

B8*. Радиоприемник можно настраивать на прием радиоволн различной длины: от 25 до 200 м. В какую сторону и во сколько раз нужно изменить расстояние между пластинами плоского конденсатора, включенного в колебательный контур приемника при переходе к приему более длинных волн?

B9. Радиолокатор посылает 2000 импульсов в секунду. Определите дальность действия этого радиолокатора.

B10. Частота следования импульсов, посылаемых радиолокатором, 1500 Гц. Длительность импульса 1 мкс. Каковы наибольшее и наименьшее расстояния, на которых локатор может обнаружить цель?

B11*. Судовая радиолокационная станция излучает 1000 импульсов в секунду с длиной волны 3 см. Продолжительность импульса $0,3$ мкс, а мощность 70 кВт. Найдите энергию одного импульса и среднюю мощность станции. Каковы наибольшее и наименьшее расстояния, на которых локатор может обнаружить объект?

B12. Высота излучающей антенны телесцентра над уровнем земли 300 м, а высота приемной антенны телевизионного приемника 10 м. На какое расстояние можно удалить приемник от передатчика для уверенного приема телепередач?

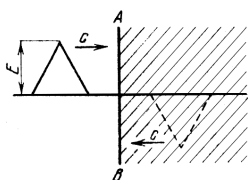
B13*. Вокруг движущегося заряженного тела возникает магнитное поле, а вокруг неподвижного нет. Поэтому при мгновенной остановке двигавшегося тела магнитное поле станет "лишним". Оно превращается в электромагнитные волны. Таким образом, процесс излучения электромагнитных волн можно рассматривать как процесс появления "лишних" полей при изменении скорости заряженного тела. Особенно просто этот

Задание 11-13 ВОЛНЫ. Электромагнитные волны

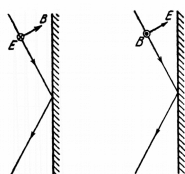
процесс описывается для случая плоского конденсатора. Если заряженный конденсатор движется со скоростью v параллельно своим пластинам, то индукция магнитного поля B в нем связана с напряженностью электрического поля E соотношением $B = (v/c^2)E$. При мгновенной остановке конденсатора это магнитное поле можно считать суммой двух электромагнитных волн с индукцией $(1/2)B$, движущихся в противоположных направлениях перпендикулярно пластинам. а) Определите напряженность электрического поля в каждой волне. б) Какова энергия волны, испущенной зарядом Q , равномерно распределенным по движущейся сфере радиуса r , при ее мгновенной остановке? Скорость сферы до остановки v .

B14*. При достаточно большом числе электронов проводимости в единице объема металла составляющая напряженности электрического поля волны, параллельная поверхности металла, ослабляется практически до нуля. Поэтому решение задачи о взаимодействии электромагнитной волны с металлом сводится к отысканию вблизи его поверхности "двух таких бегущих волн, наложение которых дает нулевую составляющую напряженности электрического поля вдоль поверхности. Такими электромагнитными волнами являются при перпендикулярном падении на металлическую поверхность две волны: одна реально движется в пространстве вне металла, а другая, фиктивная, "перевернутая" волна движется навстречу первой внутри металла (на рисунке эта область вместе с фиктивной волной находится справа от плоскости AB). Фиктивная волна становится реальной, как только она выходит за границу AB , где она накладывается на первую волну. Наложение этих волн слева от плоскости AB даёт нулевую напряженность электрического поля вдоль AB и, следовательно, решает поставленную задачу. Используя описанный прием, найдите напряженность электрического и индукцию магнитного поля вблизи металлической плоскости в момент, когда вершина падающей волны достигает плоскости AB .

B15*. Пользуясь методом, изложенным в задаче B14, докажите, что угол падения электромагнитной волны равен углу отражения. Рассмотрите случаи: а) вектор E падающей на металл электромагнитной волны параллелен металлической поверхности; б) вектор B электромагнитной волны параллелен металлической поверхности (см. рисунок).

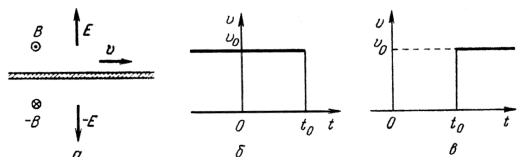


К задаче B14



К задаче B15

B16*. Заряженная пластина, напряженность электрического поля которой E , двигаясь параллельно самой себе со скоростью v , создает магнитное поле индукции $B = (v/c^2)E$. Поэтому при уменьшении скорости пластины на величину dv в окружающем ее пространстве возникает "лишнее" магнитное "микрополе"-индукции $dB = \pm(dv/c^2)E$. Суммируясь, эти "микрополя" дают электромагнитную волну, напряженность электрического поля которой зависит лишь от скорости пластины: $E_{изл}(t, x) = cB_{изл}(t, x) = (cv_{t-x/c}/c^2)E = (v_{t-x/c}/c)E$. Индекс $t-x/c$ означает, что при вычислении напряженности поля на расстоянии x от пластины значение ее скорости нужно брать в момент времени $t - x/c$. Например, напряженность электрического поля излучения пластины, скорость которой равна $v_0 \sin \omega t$, на расстоянии x от пластины в момент времени t равна $(v_0/c) \sin(\omega(t-x/c))E$, так как скорость пластины в момент времени $t-x/c$ была равна $v_0 \sin \omega(t-x/c)$. Докажите, что когда скорость v меняется так, как изображено на рисунке, справедлива формула $E_{изл}(t, x) = (v_{t-x/c}/c)E$.



К задаче B16

° - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома

Теория

1. Г.Я. Мякишев – Колебания и волны. §§ 4.17-5.17.
2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский – Основы физики Т.2. §§ 59.1-60.5.
3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.2. Электродинамика. Оптика. §§ 28-29.
4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.3. §§ 54-64.
5. Д. Джанколи - Физика. Т.2. §§ 33.1-33.10.