

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

РОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

Кафедра: «Системы управления транспортной инфраструктурой»

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Введение в профессиональную деятельность
бакалавров»**

НА ТЕМУ: «Принципы действия и основы расчётов для систем связи»

Москва 2021г.

Курсовая работа состоит из трех задач, посвященных физическим основам организации оптических систем связи, а также реферативного ответа на вопрос об истории и перспективах развития техники связи. Варианты исходных данных к задачам студент выбирает по двум последним цифрам своего учебного шифра.

Оформление курсовой работы выполняется на одной стороне стандартных листов А4, с использованием текстовых редакторов, в соответствии с требованиями по оформлению (14 шрифт, полуторный межстрочный интервал, поля справа – 2,5, слева 1,5, сверху и снизу – 2 см). Листы должны быть сброшюрованы и пронумерованы. В конце курсовой работы необходимо привести список использованной литературы.

Задача 1.

Два одинаковых плоских конденсатора подключены к источнику с напряжением U (рис.1). Пространство между пластинами конденсаторов заполнены слоями диэлектриков одинаковой толщины с диэлектрическими проницаемостями ε_1 и ε_2 . В одном конденсаторе слои расположены параллельно обкладкам, во втором – перпендикулярно.

Во сколько раз отличаются:

А) электроёмкости этих конденсаторов?

Б) напряжённости полей в однородных диэлектриках?

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	2,5	7,0	6,0	2,7	9,2	2,0	5,0	3,03	4,1	7,4
	3,03	4,15	8,01	1,07	2,15	3,14	4,02	5,60	6,25	9,25
1	7,1	1,5	8,9	6,8	8,5	9,0	8,1	2,4	5,2	8,2
	9,02	3,02	3,12	8,05	5,20	4,22	2,05	3,75	4,32	9,35
2	8,7	9,6	9,1	9,7	10,9	8,9	3,2	9,5	3,2	4,6
	5,09	4,10	3,02	6,03	7,01	6,12	3,04	3,13	2,75	9,27
3	11,0	4,2	5,7	8,1	6,7	1,5	6,5	10,3	3,1	9,2
	8,02	8,20	7,01	5,02	4,05	2,25	5,03	8,18	8,50	5,18
4	2,5	3,0	2,0	5,7	9,9	3,5	9,1	5,1	9,2	7,1
	8,06	5,50	7,05	9,01	8,05	2,10	7,05	7,32	4,02	3,15
5	4,0	6,5	2,4	7,2	8,1	6,1	4,2	5,2	8,4	8,0
	3,05	8,30	8,07	3,07	7,03	7,07	6,06	4,41	4,14	2,27
6	2,5	10,7	8,6	9,1	4,9	1,6	2,1	3,4	1,0	9,6
	3,12	4,50	9,03	8,50	7,02	7,04	6,04	5,52	3,03	2,41
7	3,5	2,5	2,6	9,1	5,7	4,0	4,0	2,6	5,1	4,1

	4,10	6,02	6,04	4,30	8,01	8,03	2,02	5,60	4,18	4,01
8	2,4	1,0	6,5	3,7	9,0	7,2	9,0	8,6	3,2	2,4
	4,02	9,10	5,02	6,10	8,03	8,05	7,03	6,41	5,45	5,04
9	5	8,5	3,1	7,2	5,0	3,4	10,9	4,1	9,5	6,2
	4,07	4,05	7,05	3,01	2,02	8,02	3,02	7,35	3,60	2,02

Примечание. В таблице 1 верхнее число в каждой строке показывает значение ε_1 , нижнее – ε_2 .

Решение:

А) Если параллельно обкладкам плоского конденсатора ввести слой диэлектриков, заполняющих воздушную прослойку, то такой конденсатор можно рассматривать как 2 конденсатора ёмкостью, C_1 и C_2 соединённых последовательно плоскостью контакта диэлектриков. Обкладками первого конденсатора здесь служат граничные слои диэлектриков с проницаемостью ε_1 , обкладками второго – такое же слои диэлектрика с проницаемостью ε_2 .

Как видно из чертежа, площади обкладок этих конденсаторов одинаково равны площади пластин S воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками определяется толщиной внесённых слоёв диэлектриков, в данном случае оно одинаково и равно половине расстоянию d между пластинами.

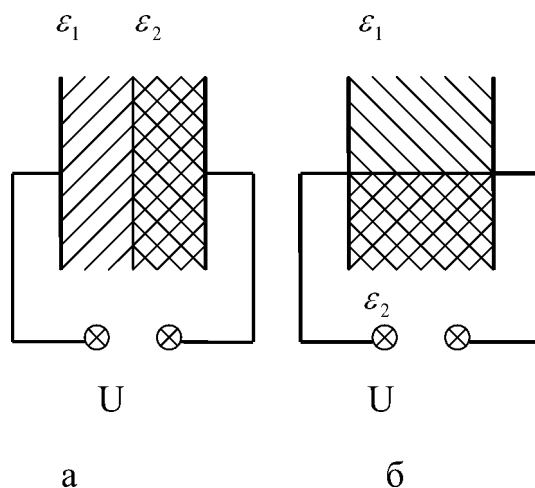


Рис.1

Ёмкость двух последовательно соединённых конденсаторов равна:

$$C_{nc} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Подставляя в эту формулу выражения для

$$C_1 = \frac{2\varepsilon_0\varepsilon_1 S}{d} \text{ и } C_2 = \frac{2\varepsilon_0\varepsilon_2 S}{d},$$

для общей ёмкости получим:

$$C_{nc} = \frac{2\varepsilon_0\varepsilon_1\varepsilon_2 S}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)d} = \frac{2\varepsilon_1\varepsilon_2 C_0}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}, \quad (1)$$

где $C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ – ёмкость воздушного конденсатора до внесения диэлектриков.

Если слои диэлектриков расположены перпендикулярно пластинам, конденсатор можно рассматривать как систему двух конденсаторов с ёмкостями C'_1 и C'_2 , соединённых между собой параллельно через сами пластины. В отличие от разобранных выше примера одинаковыми здесь будут не площади пластин, а расстояние между ними. Сами же площади определяются объёмом внесённых слоёв диэлектриков. В данном примере эти объёмы равны, по этому площади пластин имеют значение $S/2$. Ёмкость двух конденсаторов, соединённых параллельно, равна: $C_{np} = C'_1 + C'_2$.

Но

$$C'_1 = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_1 S}{2d}; \quad C'_2 = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_2 S}{2d},$$

поэтому

$$C_{np} = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)S}{2d} = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)C_0}{2} \quad (2)$$

Из выражений для C_{nc} и C_{np} видно, что ёмкости системы в первом и втором случаях отличаются друг от друга в число раз, равное

$$\frac{C_{nc}}{C_{np}} = \frac{4\varepsilon_1\varepsilon_2}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2}$$

Б) Чтобы установить, во сколько раз отличаются напряжённости полей в слоях диэлектриков, нужно сначала найти значения E_1, E_2, E'_1 и E'_2 в каждом слое для одного и другого случая.

При последовательном соединении конденсаторов подаваемое на них напряжение U равно сумме напряжений на первом и втором слоях диэлектриков:

$$U = U_1 + U_2$$

Поскольку поля в диэлектриках однородные, то

$$U_1 = E_1 \frac{d}{2}; U_2 = E_2 \frac{d}{2}$$

и, следовательно,

$$U = (E_1 + E_2) \frac{d}{2} \quad (3)$$

При наложении на диэлектрики внешнего поля напряжённостью E_0 напряжённость в каждой среде уменьшается соответственно в ε_1 и ε_2 раз, т.е.

$$E_1 = \frac{E_0}{\varepsilon_1} \text{ и } E_2 = \frac{E_0}{\varepsilon_2};$$

откуда

$$\varepsilon_1 E_1 = \varepsilon_2 E_2 \quad (4)$$

Из уравнений(3), (4) находим:

$$E_1 = \frac{2\varepsilon_2 U}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)d} \quad \text{и} \quad E_2 = \frac{2\varepsilon_1 U}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)d}$$

Если слои диэлектриков перпендикулярны пластинам, то напряжение в каждом из образовавшихся конденсаторов одинаково и равно U , поэтому

$$E'_1 = \frac{U}{d}; E'_2 = \frac{U}{d}$$

Напряжённость полей в первой и второй среде при указанном расположении слоёв диэлектриков относятся друг к другу как

$$\frac{E_1}{E'_1} = \frac{2\varepsilon_2}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)} \quad \text{и} \quad \frac{E_2}{E'_2} = \frac{2\varepsilon_1}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}$$

Задача 2.

Плоскопараллельная пластина толщиной d ($d=5$ мм) с показателем преломления n_2 находится в среде с показателем преломления $n_1 < n_2$. Луч света из точки S падает на пластину под углом α_1 . Чему равен угол между падающим и преломлённым лучом, вышедшим из пластинки? Каково боковое смещение луча, прошедшего через пластину? На сколько ближе будет казаться точка S , если её рассматривать через пластину под малым углом к нормали N ?

Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные

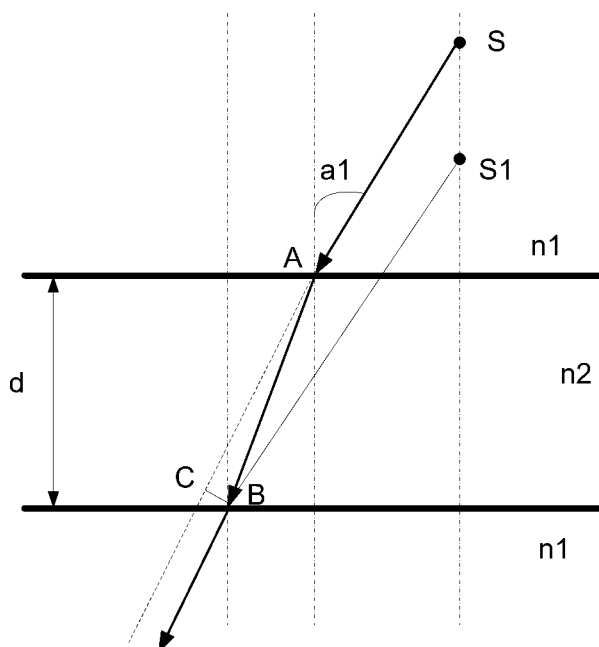
Предпоследняя цифра шифра	Угол падения	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	30	2,5	2,4	2,5	2,7	1,2	2,0	1,0	1,03	1,1	2,4
		2,03	2,15	1,01	1,07	2,15	1,14	2,02	2,60	2,25	1,25
1	35	2,1	1,5	2,9	1,8	2,5	1,0	2,1	1,4	2,2	1,2
		1,02	1,02	1,12	2,05	1,20	1,22	2,05	1,75	1,32	2,35
2	40	1,7	2,6	2,1	1,7	2,9	1,9	1,2	2,5	1,2	1,6
		2,09	1,10	1,02	1,03	2,01	1,12	1,04	1,13	1,75	1,27
3	45	1,0	2,2	1,7	2,1	2,7	1,5	1,5	2,3	1,1	1,2
		1,02	1,20	1,01	2,02	2,05	2,25	1,03	2,18	1,50	1,18
4	50	2,5	3,0	2,0	1,7	1,9	1,5	1,1	1,1	2,2	1,1
		2,06	2,50	1,05	1,01	1,05	2,10	2,05	1,32	1,02	2,15
5	55	1,0	1,5	1,4	1,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,4	1,0
		1,05	1,30	1,07	1,07	2,03	2,07	2,06	2,41	2,14	2,27
6	30	1,0	1,5	1,4	1,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,4	1,0
		1,05	1,30	1,07	1,07	2,03	2,07	2,06	2,41	2,14	2,27
7	35	1,7	2,6	2,1	1,7	2,9	1,9	1,2	2,5	1,2	1,6
		2,09	1,10	1,02	1,03	2,01	1,12	1,04	1,13	1,75	1,27
8	40	2,5	3,0	2,0	1,7	1,9	1,5	1,1	1,1	2,2	1,1

		2,06	2,50	1,05	1,01	1,05	2,10	2,05	1,32	1,02	2,15
9	45	2,32	1,55	2,15	1,2	2,23	1,4	1,9	2,1	1,5	1,2
		2,07	1,05	2,05	2,01	2,02	1,02	3,02	2,35	1,60	2,02

Примечание. В таблице 1 верхнее число в каждой строке показывает значение n_2 , нижнее – n_1 .

Решение:

Так как по условию задачи $n_2 > n_1$, то переходя из первой среды во вторую, луч приближается к нормали в точке падения. При выходе из пластинки он отклоняется от нормали.



Отметив на чертеже углы падения и преломления $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ и боковое смещение x луча, записываем формулу второго закона преломления для каждого перехода луча из одной среды в другую в точках A и B :

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_3} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

В этих уравнениях известен угол падения α_1 и все показатели преломления, поэтому, решая систему уравнений относительно α_3 , получим ответ на первый вопрос задачи: $\alpha_3 = \alpha_1$. Равенство углов означает, что, пройдя через

пластину, луч выйдет из неё параллельно своему начальному направлению. (Этот вывод справедлив для любого числа пластин.)

Как видно из чертежа, боковое смещение луча $x = BC$. Из треугольника ABC получим:

$$BC = AB \sin(\alpha_1 - \alpha_2),$$

но $AB = \frac{d}{\cos \alpha_2}$, следовательно,

$$x = \frac{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)d}{\cos \alpha_2} \quad (2)$$

Исключая из уравнений (1)-(2) угол α_2 , после несложных преобразований для бокового смещения луча получим выражение:

$$x = d \sin \alpha_1 - \frac{n_1 \sin \alpha_1 \cos \alpha_1}{\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha_1}} d.$$

Пройдя через пластинку, рассматриваемый луч идёт так, как если бы он вышел из точки S_1 . Как видно из чертежа, расстояние $SS_1 = y = \frac{x}{\sin \alpha_1}$. С учётом выражения для x получим:

$$y = d - \frac{n_1 \cos \alpha_1}{\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha_1}} d,$$

Откуда вытекает, что при малых углах наблюдение плоскопараллельная пластинка даёт смещение в светящейся точке, равное

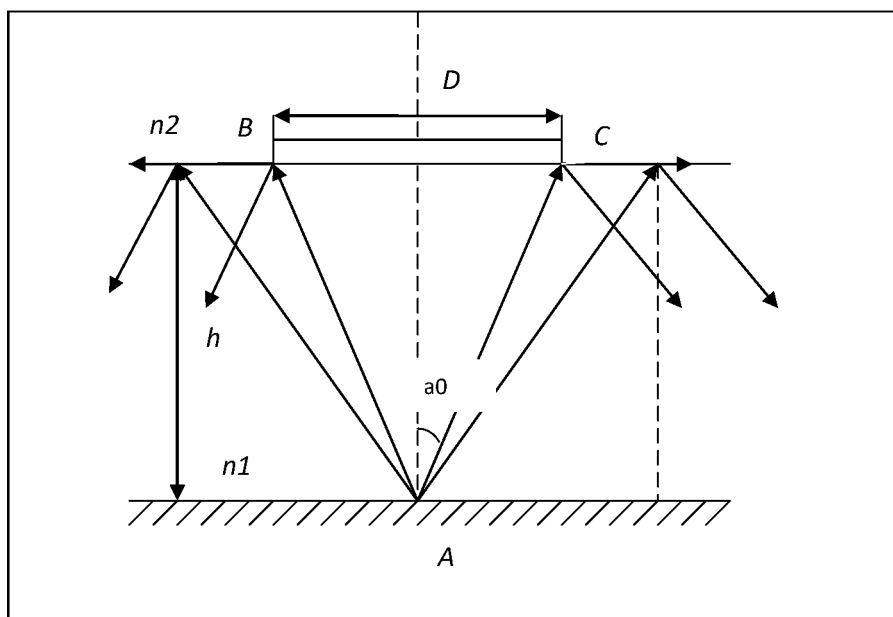
$$y = \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) d$$

Задача 3.

На дне сосуда, наполненного водой до высоты h , находится точечный источник света. На поверхности воды плавает круглый диск так, что его центр находится над источником. При каком минимальном диаметре диска лучи от источника не будут выходить из воды?

Высоту h (мм) взять равной трем последним цифрам учебного шифра.

Решение:



Лучи, идущие из светящейся точки A , падают на границу раздела вода – воздух расходящимся пучком, переходя из оптически более плотной среды в менее плотную. Те лучи, которые падают на границу раздела под углом, большим предельного, отразятся в воду, испытывая полное внутреннее отражение, а в воздух выйдут лишь лучи, заключённые внутри конуса с диаметром основания D и вершиной в точке A . Если на воду положить непрозрачную пластинку с диаметром D , то ни один луч в воздух не попадёт. Диаметр пластинки легко определить, если найти α_0 с помощью законов преломления, поскольку глубина h , на которой находится источник, известна. Для лучей, идущих из воды в воздух, под предельным углом, можно записать:

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_1}{n_2}, \quad (1)$$

где n_1 – показатель преломления воды; n_2 – показатель преломления воздуха. Диаметр пластинки служит основанием равнобедренного треугольника ABC, поэтому

$$D = 2htg\alpha_0. \quad (2)$$

В уравнениях (1) -(2) все величины, кроме D и α_0 , известны. Решая их совместно относительно диаметра пластинки, получим:

$$D = \frac{2hn_2}{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$$

Полагая в этой формуле показатель преломления воды $n_1=4/3$, воздуха $n_2=1$, находим:

$$D = \frac{6\sqrt{7}}{7} h$$