1. Какова должна быть постоянная d дифракционной ре-  
   шетки, чтобы в первом порядке был разрешен дублет натрия  
   Я, = 589 нм и Я, = 589,6 нм? Ширина решетки а = 2,5 см.

Решение:

Имеем d = —^—— (см. задачу 16.48). Подставляя число-

*А*

вые данные, получим d = 25,5 • 10"fi м.

1. Постоянная дифракционной решетки d = 2мкм. Какую  
   разность длин волн АЛ может разрешить эта решетка в области  
   желтых лучей (Я = 600 нм) в спектре второго порядка? Ширина  
   решетки а = 2,5 см.

Решение:

*/L a*

Имеем —-к— (см. задачу 16.48), откуда АЛ - — =

*АЛ d* ' *ка*

= 24 -10-12 м.

1. Постоянная дифракционной решетки d = 2,5мкм. Най-

d(p .

ти угловую дисперсию — решетки для / = 089 нм в спектре

dA

первого порядка.

Решение:

Имеем dsin<p = кЛ . Дифференцируя, получим dcos(pdp -

= МЛ или ^~ = —-— . Подставляя числовые данные, по-  
dЛ d cos (р

лучим sin(р = 0,236. откуда (р ~ 13.5° . Тогда coscp- 0.972 и

— = 4,1-105 рад/.м.

*dX*

1. Угловая дисперсия дифракционной решетки для

*dip*

Я = 668 нм в спектре первого порядка = 2,02 ■ 10' радм. Пан-

dA

ти период d дифракционной решетки.

**Решение:**

По формуле дифракционной решетки dsina = A —

Кроме того, — (2) (см. задачу 16.51), Иг

*dA dcosф*

найдем sin<р-—, или cosp = Jl -Д- —(3). Подога'  
d V d~

(3) в (2), получим

*dcp* \_

*dsll-A2/d2 sld2*

1

1

■ Ol С:

П).

<0

S 1Я

ода

*d =*

*(d<p/dA)2*

T + /.2 = 5 •! (Г6 m.

1. Найти линейную дисперсию D дифракционно!'  
   шетки в условиях предыдущей задачи, если фокусное рассю\*  
   линзы, проектирующей спектр на экран, равно F = 40 см.

ре-

ч-.ие

ipc-

вые

г ЬСЯ  
'■!) В

‘.''-ЛК\*

•ЦОИ

ЦОЙ  
ому  
1.1)  
з да

Решение:

Линейная дисперсия D дифракционной решетки oi

дсляется по формуле D = F^~. Подставляя число

dA

данные, получим D = 8! мкм/(Ы м).

1. На каком расстоянии I друг от друга будут нахо щ  
   на экране две линии ртутной дуги (2, = 577 нм и ?., - 579,i и  
   спектре первого порядка, полученном при помощи .т ,у  
   шюнной решетки? Фокусное расстояние линзы, проектиру.-  
   спектр на экран, F = 0.6 м. Постоянная решетки d - 2 мкм.

Решение:

Согласно условию главных максимумов дифракцио"  
решетки dsin<p = к/. -— (1). В нашем случае к = 1. по  
ДЛЯ первой И второй ЛИНИИ ртутной дуги ИЗ фор.'.!}.!! .  
соответственно имеем **dshup**и **dsin<p2**= А-,, огк  
422

d ''' " d

яние от линзы до решетки / « F, где F — фокусное рас-

*Л*

sin<p{ =— — (2) и si?i <р2 = 42. — (3). Поскольку рассто-

стояние линзы, то ~-tg<P\ н

Л

= tg<p2, откуда

F F

h ~ ^rS?\ — (4) и /? ~ FtgVi — (^)- Расстояние между дву-  
мя линиями ртутной дуги на экране равно / = /,-/, — (6).  
Подставляя (4) и (5) в (6), получаем / = F(tg<p2 -tgcpx) —

(7). По определению tgcp =

*sm со*

*cos <р*

— (8) и, согласно основ-

ному тригонометрическому тождеству, sin2 ср + cos2 ср = 1,  
откуда cos Ф-sj 1 - sin2 ср — (9). Подставляя (9) в (8),

получаем tgcp =

*snup*

y/l *-sin2*

(10), затем, подставляя (2) и

*Ч>*

(3) в (10), находим tgcpx =

— (11) и

*tg<Pi* =

Я,

*pi! - 4*

(12). Подставляя (11) и (12) в (7), окон-

чательно получаем / = F

А,

Л

*pjd2* V*сГ--Л1*

= 0,68 мм.

1. На дифракционную решетку нормально падает пучок  
   света. Красная линия (Я, = 630 нм) видна в спектре третьего по-  
   рядка под углом ^ = 60°. Какая спектральная линия Я, видна  
   под этим же углом в спектре четвертого порядка? Какое число  
   штрихов N0 на единицу длины имеет дифракционная решетка?

Найти угловую дисперсию этой решетки для длины волны

dk

Л, = 630 нм в спектре третьего порядка.

Решение:

Из условия главных максимумов дифракционной решетки  
d sirup = кл — (1) имеем: dsinqr = ki/.l — (2) и

dsirup = к**2**лг — (3), где kt = 3 и А--, = 4. Приравнивая  
правые части уравнений (2) и (3), получаем Ат,л, = / ;/\_.

откуда Л**2** = = 472,5-м. По определению число штрихов

на единицу длины Лф = —, откуда d = — — > 4:.

d N д

Подставляя (4) в (1). получаем i!-~® = к Л . о по. да  
., sincp , ..I - , ,

i**\T0** = — = 4д8.мм . дифференцируя уравнение и.),

кА

получаем dcosdcp = **kdA**, откуда угловая дисперсия

дифракционной решетки —-— — (5). Подставляя

dA d cos rp

(4) в (5), получаем = - —1 = 2,75• 104 рад-'с.м.  
d?. cos <р

1. Для какой длины волны Я дифракционная решетка  
   имеет угловую дисперсию -jj = 6,3 • 105 рзд'.ч в спектре трет сею  
   порядка? Постоянная решетки d = 5 мкм.

Решение:

Угловая дисперсия дифракционной решетки (см. задачу

# к к dA

16.55) —— = , откуда cos а — (I )• ‘5

dA d cos ***0*** d d(p

основного тригонометрического тождества (см. за в-Д'  
16.54) cosф = ^1-sin**10** —(2). Приравнивая правые час.»

уравнений (1) и (2). получаем

*к dA Г* ГТ-

*= d]~Slll* ***0***

*d d****0*** *У*

от к;- л4

мумов дифракционной решетки dsiiup-к/.

X~—sin<p — (4). Подставляя (3) в (4}  
к

твных макеи-  
длииа волны  
окончательно

, К

получаем А = , I г

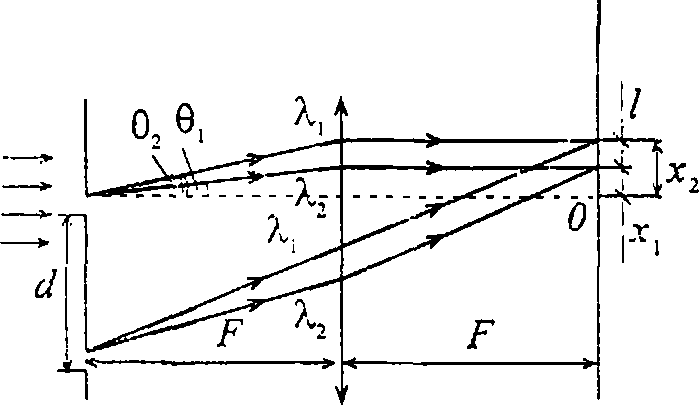
^ с/х. V \_Л\_

— I = 508 нм.  
dcp

1. Какое фокусное расстояние F должна иметь линза,  
   проектирующая на экран спектр, полученный при помощи  
   дифракционной решетки, чтобы расстояние между двумя  
   линиями калия Л, =404,4 им и /., = 404,7 нм в спектре первого  
   порядка было равным / = 0.1 мм? Постоянная решетки d = 2 мкм.

Решение:

Расстояние от решет-  
ки до линзы равно  
расстоянию от линзы  
до экрана и равно  
фокусному расстоя-  
нию линзы F. Из  
рисунка видно, что  
расстояние  
д-, = Ftg9{, а



х, = Ftg92. Поскольку л-, - .v, = /, то можно записать  
l = F{tg02-igd\) — (1). Т. к. ig$2 -tgO] есть приращение  
функции f{0)~ tgO. то можно принять 1g0-,-tg&\ =

= (tg&) -Л0 — (2). Кроме того. Д<9 = ьш®- (3).

(sine)

Подставив (3) в (2) и вычислив производные, найдем

— (4). По формуле дифракцион-

*sin в-,* - *sin  
cos' в I*

*ig02 -igdl*

ной решетки dsinO] *=Я1;* cl sinв2 *=Л>,* откуда sitiOl = --■ и

*d*

sin9-> = Тогда уравнение (4) можно записать в вило  
d

л \_ Т-1 / d Л, / d T9 Т| / \*\*\ -—г

tge.-tgO^-^ ^— (^)- Полегав. •; I

cos' 0] d cos'

/сч /1ч г *F{X,-Л,)* ell

*cos ' О*

(3) в (1). получим 1 = —• - , , откуда F = —

d cos3 в{ Л-.- /.,

1. . Величину cosO{ найдем из соотношу.л

*COStf,* =

*в, =y]\-sm2e*, = 1-

; cos0, — 0,9793 . Поде;.-в-

ляя числовые данные в (6), получим F = 0,65 м.

1. Найти угол /Б полной поляризации при отражении  
   света от стекла, показатель преломления которого и = 1,57 .

Решение:

Согласно закону Брюстера свет, отраженный от диэлек-  
трика, полностью поляризован в том случае, если тангенс  
п, .

угла падения tgi{- = —, где п1 =1 — показатель прелом-

«I

ления воздуха, и, = 1,57 — показатель преломления стекла.  
Отсюда /Б = arctgh2 - 57.5° .

1. Предельный угол полного внутреннего отраженна для  
   некоторого вещества / = 45°. Найти дтя этого вещества угол  
   полной поляризации.

Решение:

Предельный угол полного внутреннего отражения для 1 ра-  
ницы раздела вещество — воздух определяется соотношс-  
426

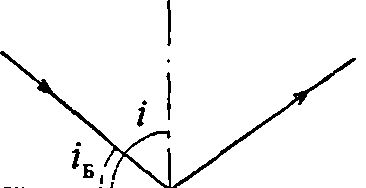
1 2  
нием sini = ~. По условию / = 45°, отсюда п = -= = 14.  
п V2

По закону Брюстера tgib = п, откуда /Б = arctg(n) = 54,7°.

1. Под каким углом /Б к горизонту должно находиться  
   Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были  
   наиболее полно поляризованы?

Решение:

Пусть /— угол падения солнечных  
лучей, /Б — угол между направ- де-  
лением на Солнце и горизонтом. По  
закону Брюстера tgiv> = п, где  
п = 1,33 — показатель преломления ~  
воды. Тогда i -arctg(n) = 53°.



Отсюда гБ = 90° -/ = 37°.

1. Найти показатель преломления п стекла, если при  
   отражении от него света отраженный луч будет полностью поля-  
   ризован при угле преломления /? = 30°.

Решение:

По закону Брюстера tgib = п. В связи с обратимостью хода

лучей можно записать tgfi = —, откуда п = —= 1.73.

п ' tg[3

1. Луч света проходит через жидкость, налитую в сте-  
   клянный (и = 1,5) сосуд, и отражается от дна. Отраженный луч  
   полностью поляризован при паденщ| его на дно сосуда под  
   углом /ь = 42°37'. Найти показатель преломления жидкости.  
   Под каким углом i должен падать на дно сосуда л>ч света,  
   идущий в этой жидкости, чтобы наступило полное внутреннее  
   отражение?

По закону Брюстера /?(/Б) = — — (1), где //■> = 1.5 — пок'.-

*Щ*

затель преломления стекла, щ — показатель преломления  
жидкости. Из (1) найдем /?, = -”-т = 1.63. Полное гмо

. . /и . „

реннее отражение наступает при условии smi = — = 0 о; ,

*п,*

I

откуда угол падения /« 67° .

1. Пучок поляризованного света (л =589 нм) падао, :;а  
   пластинку исландского шпата перпендикулярно к его оди-  
   ческой оси. Найти длины волн Ли и /с обыкновенного н  
   необыкновенного лучей в кристалле, если показатели прелом-  
   ления исландского шпата для обыкновенного н для необык-  
   новенного лучей равны пи = 1,66 и //„ = 1,49 .

Решение:

Я Л

Имеем / - — = 355 нм, ле = — = 395 нм.

«о »с

1. Иайги уIол о между главными плоскостями поляри-  
   затора и анализатора, если интенсивность естественного с в. ы.  
   проходя.пего мере! поляризатор п анализатор, уменьшается ;? 4  
   раза.

**Решение:**

**Посла прохождения через поляризатор луч имеет шы.н-  
спвно.'То /, \_0.5/м. где /,,— интенсивность естссгвеч1 ло  
света. После** прохождения **через** анализатор **луч имеет  
интенсивность /, = /,** cos' ср = **0.5/u** cos' <р, По условию

**= 0.25, тогда** cos' (р - **0.5 и** ср **= 45°.**

1. Естественный свет проходит через поляризатор и ана-  
   лизатор, поставленные так, что угол между их главными плос-  
   костями равен <р. Как поляризатор, так н анализатор поглощают  
   и отражают 8% падающего на них света. Оказалось, что интен-  
   сивность луча, вышедшего из анализатора, равна 9% интенсив-  
   ности естественного света, падающего на поляризатор. Найти  
   угол q>.

Решение:

Согласно закону Малюса интенсивность света, прошед-  
шего через поляризатор и анализатор, / = locos' о — (I),  
где Iq — интенсивность естественного света с учетом  
поглощения и отражения поляризатора и анализатора. Ин-  
тенсивность света, прошедшего через поляризатор, равна  
/о = 0 - О,О8)/0 = 0,92/с, — (2). Интенсивность света,

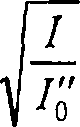
прошедшего через анализатор с учетом (2), равна  
Г0'= 0,92/' = 0,8464/0 — (3). По условию интенсивность  
света, вышедшего из анализатора, / = 0.09/0 — (4). Из

формулы (1) имеем: cos<р = , откуда угол между



главными плоскостями поляризатора и анализатора

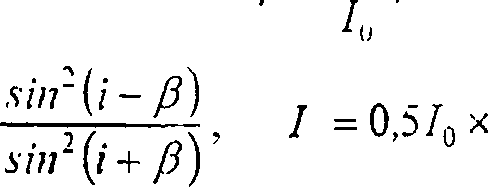
*(р* = *arccos*



— (5). Подставляя (3) и (4) в (5), получаем

1. = 7О°54'.
2. Найти коэффициент отражения р естественного света,  
   падающего на стекло (» = 1,54) под углом /Б полной поляриза-  
   ции. Найти степень поляризации Р лучей, прошедших в стекло.  
   Решение:

Коэффициент отражения падающего света р - — . где



/ = /х + / , причем L = 0,5/0

х~^тг—^ нашем слсчае при падении под \т;ю

tg'V + fi)

пол.

нон поляризации /g(/t) = « = 1.54 ; следовательно,

Т. к. )ь+уб = 90°, то угол преломления !) - 5

k~fi = 24=

Поэтому

/ = 0,5/,

shr 24"  
л-/»2 90=

/ =0.5/,

0Г24°

lg:90°

= 0, т. е. в отраженном свете при

:• i ле

падения, равном углу полной поляризации, колсоанп;, :р0.  
исходят только в плоскости, перпендикулярной к л.юе-

I /, +1

■ = 0,083, т. с.

кости падения. При этом р- — = •

*h Jo*

In

жается от стекла только 8,3% энергии падающих естест-  
венных лучей. Следовательно, энергия колебаний, пеппен-  
дикулярных к плоскости падения и прошедших во вторую  
среду, будет составлять 41,7% от общей энергии .умей,  
упавших на границу раздела, а энергия колебаний, ле-  
жащих в плоскости падения, равна 50%. Степень по-  
ляризации лучей, прошедших во вторую среду,

***Р =***

I -/\_ \_ 0,083  
/ + /, ” 0,917

= 0,091 =9,1%.

1. Лучи естественного света проходят сквозь плоско па-  
   раллельную стеклянную пластинку (» = 1.54), падая на и:; под  
   у глом /Г) полной поляризации. Найти степень полярнзаш и Р  
   лучей, прошедших сквозь пластинку.

Решение:

При падении естественною луча па стеклянную пластику  
под углом полной поляризации преломленный лу ч имеет  
интенсивность /, = 0,917/0 (см. задачу 16.66). 13 ном  
преломленном луче 0,417/0 составляют колебания, пер-  
пендикулярные к плоскости падения, и 0,5/0 — колебания,  
430

плоскости падения. Интенсивность луча,  
Отразившегося от второй грани пластинки,  
~1г = 0,083 • 0,0917/0 = 0,076/0. Интенсивность луча, вышед-  
шего из пластинки в воздух, будет /3 = 0,917/0 - 0,076/0,  
причем 0,5/0 составляют лучи с колебаниями, парал-  
лельными плоскости падения, п 0.341/0 —с колебаниями,  
перпендикулярными к плоскости падения. Тогда степень

0.159

поляризации Р = = = 18,9%, т. е. степень по-

1у + Р 0.841

яяризации увеличилась. На этом основании в качестве  
поляризатора употребляется «стопа» плоскопараллельных  
стеклянных пластинок («стопа Столетова»).

1. Найти коэффициент отражения р и степень поля-  
   ризации Рх отраженных лучей при падении естественного света  
   «а стекло (п = 1,5 ) под углом i = 45° . Какова степень поляри-  
   зации Р2 преломленных лучей?

Решение:

Коэффициент отражения падающего света р - ■

где / = /,-(-/ — (2), причем IL -

*h*

*Sill'*

*{i-Р)*

-(1),

(3) и

2

*sin t*

***tg{i-P)***'g{i + P).

sin(i + p)

(4). Показатель преломления среды

» • о snu а ■ ' v';" I /гч

'П-- , откуда sn?р или р = агент —(5).

sinp п

**Подставляя** (5) в (3) и (4), получаем

***sinji*** - ***circsm{sin(i)/ и))***

■S7»(/' + *arcsin(sin(i)/* »))

(6) и

*I*

*к*

2

*tg(i* - *arcsin{sin{i) /* и))  
*\*g{i* + *arcsm{sin{i)/n))*

(7) в (2), получаем / = —

2

— (7). Подставляя (6) и

*sin(i* - *circsin(sin(i*)/»))  
5/77(7 + *arcsin{sin{i)/n))*

*+*

*tg(i* - *arcsin(sin(i)/n))*tg{‘ + arcsin{sw{i)/77))

— (8). Подставляя (8) в (l)s

1

окончательно получаем p = ~-

5/77(7 - arcsin(sin{i)/;;))  
5/77(7 + arcs / 77(5 in (7) / /7))

+

-1/

*- arcsin(sin(i*)/ 77))T I  
*tg(i + arcsin{sm{i)/*77)) *’*

p = 0,0503 -100% = 5,03%.

Степень поляризации отраженных лучей Pl =—

*Ix + I*

(9). Подставляя (6) и (7) в (9), получаем

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **sin{i** - **arcsin{sm(i)/**77)) 5/77(7 + **circs i** 77(5 /77 (/) / /?)) | 2 | **tg(i** - **arcsin(sin(i)/**/7)) 7g(/ + **arcsiti(sin(i)/** 77)) |
| 5/77(7 - **arcsm{sin{i)/** 77)) | 2  + | **tg(i - arcsin(sin(i)/** 77)) |
| 5/77(7 + **arcsin(sin(i)/11))** | /g(/ + **arcsin(sin(i) 'fn**)) |

/\*, = 0,84-100% = 84% . Степень поляризации преломлен-  
ных лучей Р2= рРх = 0,0422 • 100% = 4,22% .