|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ИЗУЧЕНИЕ КРУГОВОГО ПОЛЯРИМЕТРА**    **Цель работы**: исследование зависимости угла φ вращения плоскости поляризации света от концентрации *С* раствора сахара; определение концентрации *Сх* раствора сахара; определение удельного вращения плоскости поляризации света.  **Приборы и принадлежности**: круговой поляриметр, поляриметрическая кювета, дистиллированная вода, раствор сахара.    **1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ**    Плоская электромагнитная световая волна является поперечной и представляет собой распространение взаимно перпендикулярных колебаний: вектора напряженности электрического поля [if gte vml 1]><v:shapetype id="\_x0000\_t75" coordsize="21600,21600" o:spt="75" o:preferrelative="t" path="m@4@5l@4@11@9@11@9@5xe" filled="f" stroked="f"> <v:stroke joinstyle="miter"/> <v:formulas> <v:f eqn="if lineDrawn pixelLineWidth 0"/> <v:f eqn="sum @0 1 0"/> <v:f eqn="sum 0 0 @1"/> <v:f eqn="prod @2 1 2"/> <v:f eqn="prod @3 21600 pixelWidth"/> <v:f eqn="prod @3 21600 pixelHeight"/> <v:f eqn="sum @0 0 1"/> <v:f eqn="prod @6 1 2"/> <v:f eqn="prod @7 21600 pixelWidth"/> <v:f eqn="sum @8 21600 0"/> <v:f eqn="prod @7 21600 pixelHeight"/> <v:f eqn="sum @10 21600 0"/> </v:formulas> <v:path o:extrusionok="f" gradientshapeok="t" o:connecttype="rect"/> <o:lock v:ext="edit" aspectratio="t"/> </v:shapetype><v:shape id="\_x0000\_i1025" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt; height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1025" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596180"> </o:OLEObject> </xml><![endif] и вектора напряженности магнитного поля [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1026" type="#\_x0000\_t75" style='width:16.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image004.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1026" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596181"> </o:OLEObject> </xml><![endif]. Вектор [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1027" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1027" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596182"> </o:OLEObject> </xml><![endif] называется световым вектором.  Световой пучок, в котором различные направления вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1028" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1028" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596183"> </o:OLEObject> </xml><![endif] в поперечной к направлению распространения волны плоскости равновероятны, называется *естественным*. В естественном свете колебания светового вектора различных направлений быстро и беспорядочно сменяют друг друга.  Свет, в котором направления колебаний вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1029" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1029" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596184"> </o:OLEObject> </xml><![endif] упорядочены каким-либо образом и подчиняются некоторой закономерности, называется *поляризованным*. Если колебания вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1030" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1030" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596185"> </o:OLEObject> </xml><![endif] могут совершаться только в одном определенном направлении, то свет называется линейно или плоскополяризованным. Если же колебания вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1031" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1031" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596186"> </o:OLEObject> </xml><![endif] совершаются так, что его конец описывает круг или эллипс, то свет называют соответственно поляризованным по кругу или эллиптически поляризованным.  Плоскополяризованный свет получают на основе двойного лучепреломления, состоящего в том, что естественный свет, преломляясь на некоторых кристаллах, разделяется на два линейно поляризованных луча со взаимно перпендикулярными направлениями колебаний светового вектора. У некоторых двоякопреломляющих кристаллов (например, турмалина) коэффициенты поглощения света для двух взаимно перпендикулярных поляризованных лучей отличаются настолько сильно, что уже при небольшой толщине кристалла один из лучей гасится практически полностью и из кристалла выходит плоскополяризованный пучок света. Это явление называется дихроизмом. В настоящее время дихроические пластинки изготовляют в виде тонких пленок-поляроидов, имеющих широкое применение. В большинстве случаев они состоят из множества маленьких (толщиной до 0,3 мм) параллельно ориентированных кристаллов сернокислого йодистого хинина – герапатита, находящегося внутри связывающей среды – прозрачной целлулоидной пленки.   Плоскость колебаний светового вектора в волне, прошедшей через поляризатор, в качестве которого можно использовать поляроидную пленку, называется *плоскостью поляризации* или плоскостью пропускания поляризатора. Всякий поляризатор может быть использован для исследования поляризованного света, т.е. в качестве анализатора. В этом случае плоскость колебаний прошедшего через прибор света будет совпадать с плоскостью пропускания анализатора. Интенсивность *I* линейно поляризованного света после прохождения через анализатор зависит от угла *φ,* образованного плоскостью колебаний падающего на анализатор луча с плоскостью пропускания анализатора, соответственно закону Малюса  [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1032" type="#\_x0000\_t75" style='width:77.25pt;height:22.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image006.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1032" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596187"> </o:OLEObject> </xml><![endif],                                              (1)    где *I*0 – интенсивность света, падающего на анализатор.  Интенсивность света, прошедшего последовательно через поляризатор и анализатор, будет максимальной при φ = 0 (плоскости пропускания поляризатора и анализатора параллельны). При [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1033" type="#\_x0000\_t75" style='width:38.25pt;height:37.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image008.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1033" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596188"> </o:OLEObject> </xml><![endif] интенсивность равна нулю – скрещенные поляроиды свет не пропускают.  При прохождении плоскополяризованного света через некоторые вещества наблюдается вращение плоскости поляризации. Вещества, обладающие такой способностью, называются *оптически активными*. К их числу принадлежат некоторые кристаллические тела (например, кварц, киноварь), чистые жидкости (скипидар, никотин) и растворы оптически активных веществ в неактивных растворителях (водные растворы сахара, винной кислоты и др.). В настоящее время известны тысячи оптически активных веществ, обладающих весьма различной вращательной способностью, от едва заметной до очень большой (например, никотин в слое толщиной 10 см поворачивает плоскость поляризации желтого излучения на 164˚). Направление вращения плоскости поляризации у различных веществ неодинаково. Если смотреть навстречу лучу, проходящему через вещество, то одна часть веществ вращает плоскость поляризации по часовой стрелке (правовращающие вещества), другая – против часовой стрелки (левовращающие вещества). Некоторые вещества имеют две модификации, одна из которых вращает плоскость поляризации по часовой стрелке, другая – против (кварц).  В растворах угол поворота φ плоскости поляризации пропорционален пути луча в растворе *d* и концентрации раствора *С*:     *=* *cd*,                                                     (2)    где  – удельная постоянная вращения (угол поворота на единицу длины при концентрации, равной единице).  Эта величина зависит от природы оптически активного вещества, температуры и длины волны света, т.е. обладает дисперсией. | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="Рисунок\_x0020\_60" o:spid="\_x0000\_s1166" type="#\_x0000\_t75" style='position:absolute; left:0;text-align:left;margin-left:3pt;margin-top:104.3pt;width:261.45pt; height:211.45pt;z-index:2;visibility:visible;mso-wrap-style:square; mso-wrap-distance-left:9pt;mso-wrap-distance-top:0; mso-wrap-distance-right:9pt;mso-wrap-distance-bottom:0; mso-position-horizontal:absolute;mso-position-horizontal-relative:text; mso-position-vertical:absolute;mso-position-vertical-relative:text'> <v:imagedata src="68.files/image010.png" o:title="681"/> <w:wrap type="square"/> </v:shape><![endif][if !vml]    [endif]Для объяснения вращения плоскости поляризации Френель предположил, что в оптически активных веществах световые волны, поляризованные по кругу вправо и влево, распространяются с неодинаковой скоростью. Линейно поляризованный свет можно представить как суперпозицию двух поляризованных по кругу волн, правой и левой, с одинаковыми частотами и амплитудами. На рис. 1, *а* обозначены: [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1034" type="#\_x0000\_t75" style='width:18pt;height:21pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image012.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1034" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596189"> </o:OLEObject> </xml><![endif] – световой вектор левой составляющей, [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1035" type="#\_x0000\_t75" style='width:19.5pt;height:21pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image014.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1035" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596190"> </o:OLEObject> </xml><![endif] – правой, а *РР* – направление суммарного вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1036" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1036" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596191"> </o:OLEObject> </xml><![endif]. Если скорости распространения обеих волн неодинаковы, то по мере прохождения через вещество один из векторов, например [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1037" type="#\_x0000\_t75" style='width:18pt;height:21pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image012.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1037" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596192"> </o:OLEObject> </xml><![endif], будет отставать в своем вращении от вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1038" type="#\_x0000\_t75" style='width:19.5pt;height:21pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image014.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1038" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596193"> </o:OLEObject> </xml><![endif] (рис. 1, *б*), т.е. результирующий вектор будет поворачиваться в сторону более «быстрого» вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1039" type="#\_x0000\_t75" style='width:19.5pt;height:21pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image014.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1039" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596194"> </o:OLEObject> </xml><![endif] и займет положение *QQ*. Угол поворота плоскости поляризации будет равен φ. | | |
| Различие в скорости распространения света с разными направлениями круговой поляризации обусловлено асимметрией молекулы или же асимметричным расположением атомов в кристалле.  Схема опыта по наблюдению вращения плоскости поляризации в растворе сахара изображена на рис. 2.  [if gte vml 1]><v:shapetype id="\_x0000\_t202" coordsize="21600,21600" o:spt="202" path="m,l,21600r21600,l21600,xe"> <v:stroke joinstyle="miter"/> <v:path gradientshapeok="t" o:connecttype="rect"/> </v:shapetype><v:shape id="\_x0000\_s1105" type="#\_x0000\_t202" style='position:absolute; left:0;text-align:left;margin-left:161.95pt;margin-top:1.05pt;width:287.85pt; height:108pt;text-indent:0;z-index:1' stroked="f"> <v:textbox style='mso-next-textbox:#\_x0000\_s1105'> <![if !mso]> <table cellpadding=0 cellspacing=0 width="100%"> <tr> <td><![endif]> <div> <p class=MsoNormal align=center style='text-align:center;text-indent: 0cm'><v:shape id="\_x0000\_i1077" type="#\_x0000\_t75" style='width:263.25pt; height:80.25pt' o:ole="" o:allowoverlap="f"> <v:imagedata src="68.files/image016.png" o:title="" croptop="13873f" cropbottom="5945f" cropright="2477f"/> </v:shape><![if gte mso 9]><o:OLEObject Type="Embed" ProgID="PBrush" ShapeID="\_x0000\_i1077" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596195"> </o:OLEObject> <![endif]></p> <h5>Рис. 2</h5> </div> <![if !mso]></td> </tr> </table> <![endif]></v:textbox> <w:wrap type="square"/> </v:shape><![endif][if !vml]    [endif]Естественный свет от источника *S*, проходя через поляризатор П, превращается в плоскополяризованный. Сначала анализатор А устанавливается на полное затемнение (поляроиды скрещены). Если на пути плоскополяризованного луча поместить кювету *К* с раствором сахара, то поле зрения просветляется. Для полного затемнения теперь нужно повернуть анализатор на некоторый угол φ, равный углу поворота плоскости поляризации раствором сахара.  Для измерения углов поворота плоскости поляризации служат приборы: поляриметры и сахариметры. | | |
| **2. ОПИСАНИЕ РАБОЧЕЙ УСТАНОВКИ  И МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЙ**    Общий вид поляриметра представлен на рис. 3. Конструктивно он состоит из следующих частей: корпуса *1*, головки анализатора с линейным поляризатором *2*, крышки *3*, натриевой лампы *4*, включаемой тумблером, кюветного отделения с крышкой *5*. Головка анализатора с поляризатором *2* является измерительной частью поляриметра и закреплена на концах корпуса кюветного отделения. Поворот анализатора и вращение лимба осуществляются вращением ручки *8*. Лимб *9* с 360-градусной шкалой и ценой деления 0,5˚ закреплен на цилиндрическом зубчатом колосе. На корпусе *1* (см. рис. 3) (корпус *10* на рис. 4) закреплены нониусы отсчетных устройств *11*, *12* и *13* (см. рис. 4) и жестко закреплены две лупы *14*, через которые снимают отсчеты со шкалы лимба *15* и нониусов *11*, *12*. | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1040" type="#\_x0000\_t75" style='width:291.75pt;height:171.75pt' o:ole="" o:allowoverlap="f"> <v:imagedata src="68.files/image018.png" o:title="" cropleft="1652f" cropright="7157f"/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="PBrush" ShapeID="\_x0000\_i1040" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596196"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | | |
| *Рис. 3* | | |
| Кювета состоит из трубки, покровных стекол, прокладок, втулок, гаек. На стеклянной трубке имеется выпуклость, необходимая для сбора пузырьков воздуха. На трубке кюветы нанесена ее фактическая длина между торцами.  Принципиальная оптическая схема поляриметра СМ-3 изображена на рис. 5.  Основными частями поляриметра являются: лампа  ДНаС 18-04,2 – *16*; светофильтр – *17*; конденсор – *18*; поляризатор – *19*; хроматическая фазовая пластинка *20*; защитное стекло *21*; два покровных стекла *22*; трубка *23*; анализатор *24*; объектив *25*; окуляр *26*; две лупы *27*. Наблюдательная трубка, состоящая из объектива *25*, диафрагмы и окуляра *26*, устанавливается на резкое изображение линии раздела поля зрения вращением втулки *6* (см. рис. 3). Для повышения точности измерения в поляриметре применен принцип уравнивания яркостей разделенного на две части поля зрения. Разделение поля зрения на части проводится введением хроматической фазовой пластинки *20* (см. рис. 5) в оптическую систему поляриметра. Хроматическая фазовая пластинка *2* (рис. 6, *а*) вырезана из двулучепреломляющего одноосного кристалла параллельно его оптической оси *ОО* и установлена перпендикулярно пучку плоскополяризованного света, выходящего из поляризатора *1*. Угол между оптической осью *ОО* хроматической фазовой пластинки и плоскостью пропускания поляризатора *РР* равен γ (рис. 6, *б*). | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1041" type="#\_x0000\_t75" style='width:234pt;height:172.5pt' o:ole="" o:allowoverlap="f"> <v:imagedata src="68.files/image020.png" o:title="" croptop="3963f" cropbottom="8916f" cropright="4953f"/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="PBrush" ShapeID="\_x0000\_i1041" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596198"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | | |
| *Рис. 4* | | |
| Хроматическая фазовая пластинка поворачивает плоскость *РР* светового вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1042" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1042" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596199"> </o:OLEObject> </xml><![endif], прошедшего через поляризатор, на угол 2γ. Из хроматической фазовой пластинки выходит плоскополяризованный пучок с вектором [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1043" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1043" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596200"> </o:OLEObject> </xml><![endif], совершающий колебания в плоскости *Р*/*Р*/. Плоскости *РР* и *Р*/*Р*/ симметричны относительно оптической оси *ОО* хроматической фазовой пластинки. | | |
|  | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1044" type="#\_x0000\_t75" style='width:372pt;height:113.25pt' o:ole="" o:allowoverlap="f"> <v:imagedata src="68.files/image022.png" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="PBrush" ShapeID="\_x0000\_i1044" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596201"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | | |
| *Рис. 5* | | |
|  | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="Рисунок\_x0020\_1223" o:spid="\_x0000\_i1079" type="#\_x0000\_t75" style='width:393.75pt;height:176.25pt; visibility:visible;mso-wrap-style:square'> <v:imagedata src="68.files/image028.png" o:title="686"/> </v:shape><![endif][if !vml][endif] | | |
| Если пропустить свет лампы *16* (см. рис. 5) через конденсор *18*, поляризатор *19*, одной частью пучка через хроматическую фазовую пластинку *20*, защитное стекло *21* в кювету с раствором сахара, а другой частью пучка только через защитное стекло, минуя хроматическую фазовую пластинку, то в раствор сахара приходят две группы волн, световые векторы которых [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1045" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1045" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596202"> </o:OLEObject> </xml><![endif]р и [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1046" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1046" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596203"> </o:OLEObject> </xml><![endif] повернуты друг относительно друга на угол 2γ. Если плоскость колебания *Р*/*Р*/ светового вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1047" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1047" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596204"> </o:OLEObject> </xml><![endif] перпендикулярна плоскости пропускания анализатора *АА*, то эти волны через анализатор не проходят, половина поля зрения, соответствующая им, затемнена (рис. 7, *а*). Половина поля зрения, соответствующая пучку света с вектором [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1048" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1048" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596205"> </o:OLEObject> </xml><![endif]р, освещена, так как составляющая [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1049" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1049" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596206"> </o:OLEObject> </xml><![endif]´р проходит через анализатор. При перпендикулярности плоскости поляризации анализатора *АА* и плоскости колебания РР светового вектора [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1050" type="#\_x0000\_t75" style='width:13.5pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image002.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1050" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596207"> </o:OLEObject> </xml><![endif]р половина поля зрения, соответствующая этой волне, затемнена, другая половина поля зрения освещена (рис. 7, *б*). | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="Рисунок\_x0020\_536" o:spid="\_x0000\_i1078" type="#\_x0000\_t75" style='width:410.25pt;height:266.25pt; visibility:visible;mso-wrap-style:square'> <v:imagedata src="68.files/image027.png" o:title="687"/> </v:shape><![endif][if !vml][endif] | | |
| Если плоскость поляризации анализатора *АА* перпендикулярна биссектрисе угла 2γ, обе половины поля зрения имеют одинаковую освещенность – «полутени» (рис. 7, *в*). Уравнивание яркостей полей зрения производят путем вращения анализатора вблизи полного затемнения (см. рис. 7, *в*). При введении кюветы с оптически активным раствором между поляризатором и анализатором яркость полей зрения нарушается. Яркость полей зрения можно уравнять поворотом анализатора на угол, равный углу поворота плоскости поляризации этим раствором. Разностью двух отсчетов, соответствующих равенству яркостей полей зрения с оптически активным раствором и без него, определяется угол вращения плоскости поляризации данным раствором. По углу вращения плоскости поляризации можно определить неизвестную концентрацию раствора сахара. | | |
| Отсчеты по шкале первого нониуса 11 и лимбу будут от 0 до 35° при измерении угла поворота плоскости поляризации правовращающим оптически активным раствором.  При измерении угла вращения плоскости поляризации левовращающими оптически активными растворами отсчеты по шкале первого нониуса и лимбу будут от 360 до 325°; величина угла вращения соответствует отсчету по шкале первого нониуса и лимбу минус 360°. Положение лимба и поля зрения в чувствительном положении (поля зрения уравнены при малых яркостях) при введении кюветы, наполненной водой, показано на рис. 8. Положение лимба и поля зрения, при введении кюветы, наполненной раствором сахара, и вторичной установке окуляра на резкое изображение линии раздела полей зрения, показано на рис. 9. | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1051" type="#\_x0000\_t75" style='width:142.5pt;height:171pt' o:ole="" o:allowoverlap="f"> <v:imagedata src="68.files/image029.png" o:title="" cropleft="5945f"/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="PBrush" ShapeID="\_x0000\_i1051" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596208"> </o:OLEObject> </xml><![endif][if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1052" type="#\_x0000\_t75" style='width:153pt;height:171pt' o:ole="" o:allowoverlap="f"> <v:imagedata src="68.files/image031.png" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="PBrush" ShapeID="\_x0000\_i1052" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596209"> </o:OLEObject> </xml><![endif][if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1053" type="#\_x0000\_t75" style='width:147pt;height:171pt' o:ole="" o:allowoverlap="f"> <v:imagedata src="68.files/image033.png" o:title="" cropleft="5945f"/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="PBrush" ShapeID="\_x0000\_i1053" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596210"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | | |
| *Рис. 8                            Рис. 9                           Рис. 10* | | |
| При установке анализатора на равную яркость полей зрения в чувствительном положении с кюветой, наполненной раствором, положение лимба и поля зрения изображено на рис. 10, получен отсчет 2,06°. | | |
|  | | |
| **3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**  **И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ** | | |
| [if !supportLists]3.1.    [endif]Поляризатор включают в сеть переменного тока. Измерения проводят после включения лампы тумблером. | | |
| [if !supportLists]3.2.    [endif]Трубку кюветы длиной *d* = 1,00 дм наполняют дистиллированной водой до образования выпуклого мениска. Затем мениск сдвигают в сторону покровным стеклом, на него накладывают резиновую прокладку, прижимают втулкой, затягивают гайкой. Воздушные пузырьки, оставшиеся в кювете, отводят наклоном в утолщенную часть кюветы. После наполнения кюветы раствором покровные стекла с наружной стороны протирают салфеткой. Кювету с дистиллированной водой устанавливают в кюветное отделение поляриметра до упора, так чтобы середина кюветы располагалась в середине отделения, и закрывают крышкой. | | |
| [if !supportLists]3.3.    [endif]Вращением втулки *6* (рис. 3) наблюдательной трубки устанавливают окуляр на резкое изображение линии раздела полей зрения. Вращая ручку *8*, поворачивают анализатор и добиваются равенства яркостей полей зрения в чувствительном положении (поля зрения уравнены при меньших яркостях, незначительное вращение анализатора вызывает резкое нарушение равенства яркостей полей сравнения) (рис. 8). | | |
| [if !supportLists]3.4.    [endif]Установку на равномерную яркость полей зрения повторяют три раза со снятием отсчетов по шкале лимба 15 (γ0) и нониусам *11*, *12* (см. рис. 4), вычисляют среднее арифметическое значение γ0. Полученное значение является нулевым отсчетом. | | |
| [if !supportLists]3.5.    [endif]Для определения угла вращения плоскости поляризации φ кювету с раствором сахара концентрации *С*1 помещают в кюветное отделение поляриметра и закрывают крышкой. Устанавливают втулкой 6 окуляр наблюдательной трубки по глазу на резкое изображение линии раздела полей зрения (рис. 9). Плавным и медленным поворотом анализатора, вращая ручку *8*, устанавливают равенство яркостей полей зрения (рис. 10) и снимают отсчет; определяют, на сколько градусов повернута шкала лимба *15* по отношению к нулевому делению нониуса *11*, затем по штрихам нониусов *11* и *12*, совпадающих со штрихами шкалы лимба, отсчитывают доли градуса. Цена деления нониуса 0,02°. На нониусе «10» соответствует 0,10°, «20» – 0,20° и т.д. К числу градусов, взятых по шкале лимба, прибавляют средний арифметический отсчет по нониусам. Делают три измерения и из них определяют среднее арифметическое [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1054" type="#\_x0000\_t75" style='width:21pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image035.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1054" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596211"> </o:OLEObject> </xml><![endif]. Из полученного среднего арифметического [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1055" type="#\_x0000\_t75" style='width:21pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image037.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1055" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596212"> </o:OLEObject> </xml><![endif] вычитают нулевой отсчет [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1056" type="#\_x0000\_t75" style='width:15.75pt;height:19.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image038.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1056" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596213"> </o:OLEObject> </xml><![endif] и получают угол поворота плоскости поляризации света φ0: | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1057" type="#\_x0000\_t75" style='width:99pt;height:24pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image040.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1057" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596214"> </o:OLEObject> </xml><![endif].                                                (3) | | |
| **Пример 1.** При определении нулевого положения с кюветой, наполненной дистиллированной водой, был получен результат 0,06°, после ввода кюветы, наполненной раствором сахара концентрации *С*1, получен отсчет 3,56°. Разность в отсчетах между конечной и начальной установками равна углу вращения плоскости поляризации исследуемого раствора: | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1058" type="#\_x0000\_t75" style='width:93.75pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image042.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1058" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596215"> </o:OLEObject> </xml><![endif], [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1059" type="#\_x0000\_t75" style='width:21.75pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image044.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1059" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596216"> </o:OLEObject> </xml><![endif] = 3,56° – 0,06° = 3,5°. | | |
| **Пример 2.** После ввода кюветы, наполненной исследуемым раствором с левым вращением, был получен результат 357,14°. В этом случае нулевой отсчет следует принять равным 360,06°. Разность между конечным и нулевым отсчетами равна углу вращения плоскости поляризации исследуемого раствора: | | |
| [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1060" type="#\_x0000\_t75" style='width:93.75pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image046.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1060" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596217"> </o:OLEObject> </xml><![endif], [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1061" type="#\_x0000\_t75" style='width:21.75pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image047.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1061" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596218"> </o:OLEObject> </xml><![endif] = 357,140 – 360,06° = –2,92°. | | |
| [if !supportLists]3.6.          [endif]Заполняют кювету раствором сахара концентрации *С*2 и согласно пункту 3.5 определяют угол вращения плоскости поляризации. | | |
| [if !supportLists]3.7.          [endif]Помещают в кюветное отделение кювету с раствором сахара концентрации *С*3 и определяют угол поворота плоскости поляризации, затем определяют угол [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1062" type="#\_x0000\_t75" style='width:21.75pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image048.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1062" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596219"> </o:OLEObject> </xml><![endif] для раствора *С*4. | | |
| [if !supportLists]3.8.          [endif]Заполняют кювету раствором сахара концентрации *Сх* и определяют угол поворота плоскости поляризации. | | |
| [if !supportLists]3.9.          [endif]Полученные данные заносят в таблицы, формы которых представлены ниже. | | |
| *Форма таблицы 1* | | |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Наименование раствора | №  опыта | [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1063" type="#\_x0000\_t75" style='width:25.5pt;height:22.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image049.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1063" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596220"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1064" type="#\_x0000\_t75" style='width:33pt;height:25.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image051.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1064" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596221"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | | Дистиллированная вода | 1  2  3 |  |  | | |
| *Форма таблицы 2* | | |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Концентрация раствора | №  опыта | β | [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1070" type="#\_x0000\_t75" style='width:21pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image053.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1070" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596222"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1071" type="#\_x0000\_t75" style='width:21.75pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image054.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1071" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596223"> </o:OLEObject> </xml><![endif] |  | [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1072" type="#\_x0000\_t75" style='width:22.5pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image057.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1072" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596224"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1073" type="#\_x0000\_t75" style='width:31.5pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image060.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1073" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596225"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | *Е* | *d* | | г/см3 |  | 0 | 0 | 0 | [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1074" type="#\_x0000\_t75" style='width:52.5pt;height:28.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image055.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1074" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596226"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1076" type="#\_x0000\_t75" style='width:43.5pt;height:28.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image059.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1076" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596227"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1075" type="#\_x0000\_t75" style='width:44.25pt;height:28.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image062.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1075" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596228"> </o:OLEObject> </xml><![endif] | % | дм | | *С*1 | 1  2  3 |  |  |  |  |  |  |  |  | | *С*2 | 1  2  3 |  |  |  |  |  |  |  |  | | *С*3 | 1  2  3 |  |  |  |  |  |  |  |  | | *С*х | 1  2  3 |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| [if !supportLists]3.10.               [endif]По данным таблицы строят зависимость φ = *f* (*С*), откладывая по оси ординат угол поворота плоскости поляризации, а по оси абсцисс – концентрацию раствора *С*.  [if !supportLists]3.11. [endif]По диаграмме φ = *f* (*С*) определяют концентрацию *Сх* раствора сахара.  [if !supportLists]3.12.               [endif]Определяют удельное вращение плоскости поляризации  по углу поворота плоскости поляризации [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1065" type="#\_x0000\_t75" style='width:21.75pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image063.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1065" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596229"> </o:OLEObject> </xml><![endif] для растворов соответствующей концентрации *С* и для данной длины кювета *d*:  [if !supportLists]3.13.               [endif]  [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1066" type="#\_x0000\_t75" style='width:60pt;height:40.5pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image064.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1066" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596230"> </o:OLEObject> </xml><![endif].                                                 (4)    [if !supportLists]3.14.               [endif]Вычисляют относительную погрешность удельного вращения плоскости поляризации по формуле  [if !supportLists]3.15.               [endif]  [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1067" type="#\_x0000\_t75" style='width:127.5pt;height:45pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image066.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1067" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596231"> </o:OLEObject> </xml><![endif],                                (5)    где *m* – табличное значение (*m* = 66,46[if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1068" type="#\_x0000\_t75" style='width:66pt;height:42pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image068.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1068" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596232"> </o:OLEObject> </xml><![endif]); [if gte vml 1]><v:shape id="\_x0000\_i1069" type="#\_x0000\_t75" style='width:22.5pt;height:21.75pt' o:ole=""> <v:imagedata src="68.files/image070.wmz" o:title=""/> </v:shape><![endif][if !vml][endif][if gte mso 9]><xml> <o:OLEObject Type="Embed" ProgID="Equation.3" ShapeID="\_x0000\_i1069" DrawAspect="Content" ObjectID="\_1363596233"> </o:OLEObject> </xml><![endif] – среднее значение удельного вращения плоскости поляризации.    **ВОПРОСЫ ДЛЯ ДОПУСКА К РАБОТЕ**    1. Какова цель работы?  2. Поясните понятия об естественном и поляризованном свете. Что называется плоскостью поляризации?  3. Опишите порядок выполнения работы.  4. Какие вещества называются оптически активными?  5. От чего зависит угол поворота плоскости поляризации света в оптически активном веществе?    **ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ**    1. Объясните принцип действия поляриметра и поясните его оптическую схему.  2. Как объясняется Френелем поворот плоскости поляризации света?  3. Проанализируйте диаграмму зависимости φ = *f* (*С*).  4. Опишите практическое использование данного метода и рабочей установки.  5. Выведите закон Малюса.  6. Критические замечания к рабочей установке и методу измерений.    **ЛИТЕРАТУРА**    1. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учебное пособие для втузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 718 с.: ил.  2. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для вузов. –  7-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2001. – 542 с.: ил.  3. Суханов А.Д. Фундаментальный курс физики. Т.2: Континуальная физика [Кн. 1, 2]. – М.: Агар, 1998. – 709 с.: ил.  4. Ахматов А.С. Лабораторный практикум по физике. – М.: Высш. шк., 1980. – 360 с.  5. Иверонова В.И. Физический практикум: Электричество и оптика. – М.: Наука, 1968. – 816 с.: ил. | | |