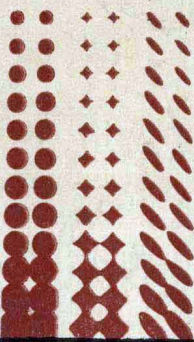
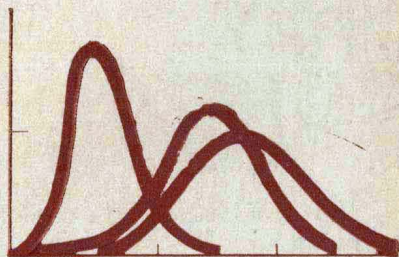
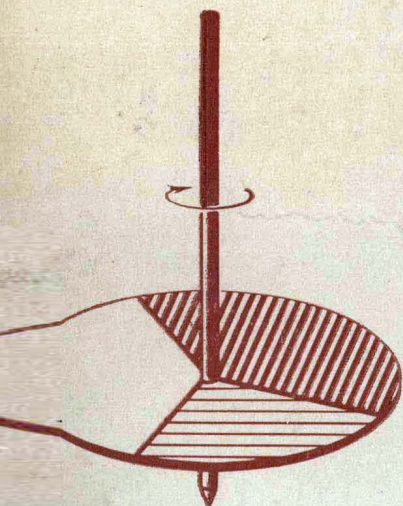
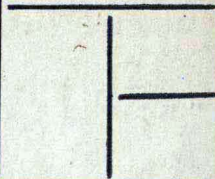


Л.Ф.Артюшин

ЦВЕТОВЕДЕНИЕ



«Книга»



Л. Ф. Артюшин

ЦВЕТОВЕДЕНИЕ

Рекомендовано Управлением кадров и учебных заведений Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли в качестве учебного пособия для учащихся издательско-полиграфических техникумов

МОСКВА «КНИГА» 1982

В учебном пособии излагаются основные вопросы, предусмотренные программой по курсу «Цветоведение» для учащихся издательско-полиграфических техникумов: физическая природа света и цвета, теория цветового зрения, основные характеристики цвета, синтез и измерение цвета, его визуальные, спектрофотометрическая и денситометрическая характеристики.

Изложены основные положения теории воспроизведения многоцветного оригинала тремя красками (цветоделение, градационный процесс, маскирование, цветовой синтез). Вопросам тоно- и цветовоспроизведения уделено несколько большее внимание, чем это предусмотрено программой.

Учебное пособие предназначено для издательско-полиграфических техникумов. Может быть полезно для ИТР и рабочих-полиграфистов.

Рецензенты: Б. А. Шашлов, д-р технич. наук (МПИ),

А. Ф. Пескова (МИПТ)

ЦВЕТОВЕДЕНИЕ

Глава I.

ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА СВЕТА И ЦВЕТА

1.1. ОЩУЩЕНИЕ ЦВЕТА

Представление об окружающих нас предметах мы получаем через ощущения: о тепле или холоде мы судим по осязанию, о соленом или сладком — по вкусовым ощущениям, о цвете предметов — по зрительным (визуальным) ощущениям. Например, зрелые апельсины — оранжевые, лимоны — разные по цвету: желтые, желто-зеленые. Этот пример показывает, что цвет служит отличительным признаком предметов. Цветом мы характеризуем даже их состояние.

Цвет — это один из признаков видимых нами предметов, существующий в нашем сознании как осознанное зрительное ощущение.

Более 90% всей информации человек получает через зрительные ощущения. На основе зрительного восприятия до нас доходит больше сведений, чем через органы слуха. Не напрасно говорят: «Лучше один раз увидеть, чем десять раз услышать». Зрительные ощущения дают не только большую информацию, но и отличаются большей, чем другие ощущения, определенностью и устойчивостью. Мы отчетливо видим различия в цвете предметов и говорим об этом с большей уверенностью и определенностью, чем о различии ощущений тепла и холода. Иначе говоря, по ощущению цвета мы точнее судим об окраске предметов, чем по ощущению теплоты об их температуре нагрева.

Наибольшей зрительной памятью на цвета обладают люди, характер работы которых связан со зрительной оценкой разноокрашенных предметов. Они с большей точностью по памяти могут указать окраску знакомых нам предметов по эталонным образцам цвета. Но следует помнить, что цвет одного и того же предмета может изменяться в зависимости от условий освещения при его рассматривании. Например, цвет травы при дневном и вечернем освещении неодинаков. Рассмотрим сначала физические основы цвета.

1.2. МОНОХРОМАТИЧЕСКИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

На наш глаз воздействуют излучения лишь ограниченной части спектра электромагнитных колебаний. Излучения, которые воздействуют на глаз, вызывая ощущения различных цветов, называются световыми излучениями или просто светом.

Свойства излучений, в том числе и световых, выражают мощностью и ее распределением по спектру (т. е. по длинам волн λ). Мощность Φ излучений называется лучистым потоком и измеряется в ваттах (Вт).

Световые излучения принято подразделять на сложные и простые — монохроматические. Слово «монохроматический» переводится на русский язык, как одноцветный: моно — один, хромос — цвет.

Если поток солнечного света попадает на грань толстого зеркала, то в отраженном блике можно отчетливо видеть ряд непрерывно изменяющихся цветов: синий, сине-зеленый, зеленый, желтый, оранжевый, красный. Это привычное для нас явление лежит в основе представления о том, что солнечный свет — сложное излучение и состоит из ряда простейших — монохроматических излучений.

Монохроматическими называют излучения определенного цвета, которые не могут быть разложены на более простые составляющие.

Цвета монохроматических излучений называют спектральными. Различные предметы мы видим разноцветными потому, что монохроматические излучения отражаются от них в разных пропорциях. Те предметы, от которых отражаются монохроматические излучения красного цвета, мы видим красными; если от предметов отражаются зеленые излучения, мы видим их зелеными. Тела, отражающие излучения красного и зеленого цветов, мы воспринимаем как желтые или (если красных больше) оранжевые. Предметы, от которых отражаются синие и зеленые излучения, мы видим сине-зелеными, или голубыми.

Можно убедиться в том, что свет, испускаемый привычными для нас источниками света и отражаемый от предметов, состоит из ряда монохроматических излучений. Для этого нужно разложить свет с помощью стеклянной призмы в спектр.

На рис 1.1 изображена схема этого несложного эксперимента. Пучок света, проходящий через узкую щель в непрозрачном экране, попадает на стеклянную трехгранную призму. Проходя через призму, пучок света прелом-

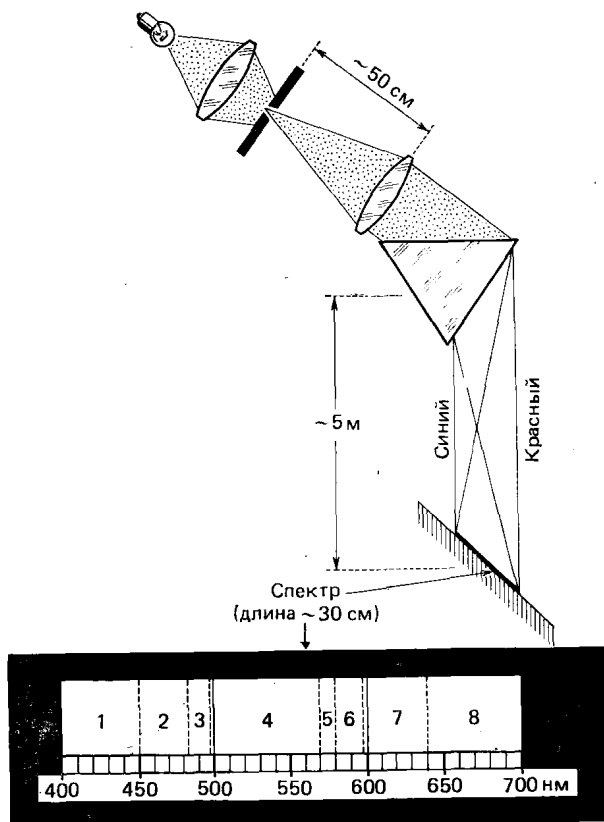


Рис. 1.1. Разложение белого света в спектр:

1 — темно-синий; 2 — синий; 3 — сине-зеленый; 4 — зеленый;
5 — желтый; 6 — оранжевый; 7 — красный; 8 — темно-красный

ляется ею, то есть изменяет первоначальное направление. Составляющие световой поток монохроматические излучения преломляются в различной мере, и, смещаясь относительно друг друга, образуют видимый спектр. Видимым спектром называется последовательный ряд монохроматических излучений, воспринимаемых нами в виде ряда спектральных цветов. Различное преломление трехгранной призмой монохроматических излучений объясняется тем, что они с разной скоростью проходят через стекло. Это оптическое явление называется дисперсией скорости излучений или просто дисперсией света.

Можно легко убедиться и в том, что монохроматические излучения, получаемые в результате разложения све-

та в спектр, являются действительно простейшими — одноцветными. Для этого с помощью второй узкой щели выделяют одноцветную световую полосу из спектра и направляют ее на вторую призму. После прохождения достаточно узкой полосы света через вторую призму получается такая же, как и после прохождения через первую призму, одноцветная полоска.

1.3. ДЛИНА ВОЛНЫ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Каждое монохроматическое излучение можно рассматривать как электромагнитные колебания определенной длины волны λ и амплитуды a (рис. 1.2). Такое представление о монохроматических излучениях объясняется тем, что они во многих отношениях ведут себя, как волны на воде и как радиоволны. Но монохроматические излучения в сравнении с другими видами электромагнитных излучений имеют очень малые длины волн — от 400 до 700 нм *. Цвет излучения определяется длиной волны.

На рис. 1.3 показаны границы длин волн различных видов электромагнитных излучений, в том числе и волн, вызывающих ощущения света и цвета.

Мощность излучения определяется квадратом амплитуды измеряемого колебания. С возрастанием амплитуды растет и мощность монохроматического излучения, или, иначе говоря, увеличивается монохроматический поток. Мощность монохроматического излучения, как и других видов электромагнитных колебаний, выражают в ваттах.

Длины волн и мощность монохроматических излучений определяют на специальных приборах, позволяющих разложить свет в спектр, например, с помощью стеклянной призмы. Помимо спектральных приборов с призмами, работающих на основе дисперсии света, используют приборы, работа которых основана на дифракции и интерференции света.

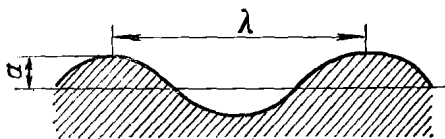


Рис. 1.2. Волнообразные колебания монохроматических излучений:

λ — длина волны; a — амплитуда колебания

* Нм (нанометр) — единица измерения длины волн. 1 нм равен 10^{-9} м, т. е. одной миллиардной доле метра.

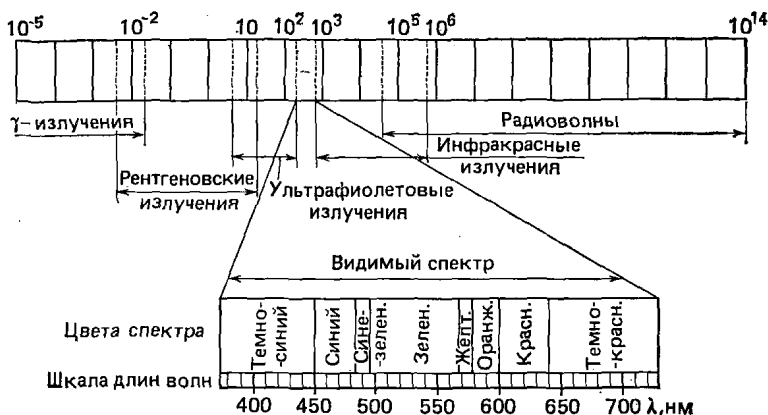


Рис. 1.3. Спектр электромагнитных колебаний и участков видимых глазом излучений

1.4. ДИФРАКЦИЯ И ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

Дифракционные способы основаны на измерении угла отклонения монохроматических излучений при прохождении их через очень узкую щель. Именно отклонение света от прямолинейного направления и называется дифракцией света.

Дифракционные явления огибания светом краев щели впервые были описаны в XVII в. итальянским физиком и астрономом Ф. Гримальде и объяснены в начале XIX в. французским физиком О. Френелем. Открытие дифракционных явлений послужило одним из основных доказательств волновой природы света.

Дифракционный принцип определения длины волны монохроматических излучений лучше всего поясняется прохождением волн по воде. Если в воду бросить камень, то на ее поверхности образуются волны. Расстояние между двумя соседними вершинами («гребнями») волн характеризует длину волны λ . С помощью механического вибратора на воде можно создать сравнительно коротковолновые, в 2—4 см, колебания. Поставив на пути распространения волн доску с узкой щелью, можно наблюдать, как волны огибают края щели. В результате прохождения волн через щель (рис. 1.4) получается ряд зон с волнами, от-

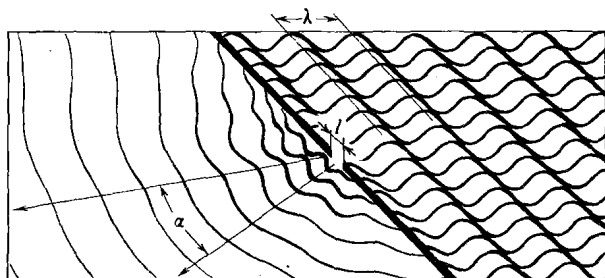


Рис. 1.4. Волны на воде и огибание ими краев щели:

λ — длина волны; l — ширина узкой щели в непрозрачной перегородке; α — угол отклонения волны

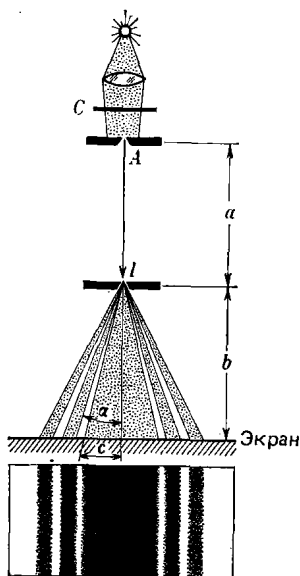


Рис. 1.5.^е Ограничение пучка света узкой щелью. Схема установки и участок изображения, получающегося на белом экране при огибании светом краев щели:

$A=0,2$ мм; $l=0,3$ мм; C — светофильтр; $a=1$ м; $b=3,8$ м

излучений. Пучок света проходит через светофильтр, например, красного цвета, затем через первую узкую щель ($A=0,2$ мм), которая образует пучок параллельно идущих волн. Вторая узкая щель ($l=0,31$ мм) ограничивает ширину пучка волн, и поэтому они огибают ее края (дифрагируют). На белом экране, как и на воде, мы видим ярко освещенный центр, а затем темные полосы — затухание волн — и снова светлые полосы.

Для красного светофильтра при указанных размерах первая зона затухания получается на расстоянии $c=8$ мм от центра. Расчет по представленной выше формуле показывает, что длина волны прошедшего через красный светофильтр излучения составляет

$$\lambda = 0,31 \text{ мм} \frac{8 \text{ мм}}{3,8 \cdot 10^3 \text{ мм}} = 660 \text{ нм.}$$

Для синих излучений угол отклонения зоны затухания от первоначального направления меньше, чем для волн красных излучений. Соответственно меньше и длины волн.

Образование дифракционной картины — это результат не только огибания краев щели разными излучениями, но и результат их взаимного наложения — интерференции.

Наложение в пространстве двух (или нескольких) волн с одинаковыми периодами, в результате которого в одних точках пространства

клонившимися от первоначального направления, и ряд промежуточных участков, где затухают волны.

Опытами установлено, что чем больше длина волны (или меньше ширина щели), тем сильнее отклоняются волны от первоначального [направления]. Таким образом, дифракция волн на воде количественно выражается углом отклонения первой зоны затухания от исходного направления. Количественно эта закономерность огибания краев щели волнами разной длины выражается уравнением

$$\lambda = l \cdot \sin \alpha,$$

где α — угол отклонения первой зоны затухания волн от первоначального направления, l — ширина щели.

Значение $\sin \alpha$ определяют отношением расстояния c от центра до первой зоны затухания к расстоянию b от щели до изображения (рис. 1.5).

Волны огибают края щели только тогда, когда их длина больше ширины щели. Определив угол отклонения волны при известной ширине щели, легко рассчитать длину волны на воде.

В оптических экспериментах наблюдается такая же картина. При прохождении света через щель, монохроматические излучения, огибая ее края, образуют то светлые, то темные полосы. На рис. 1.5 представлена схема эксперимента по определению длины волны разноцветных

происходит увеличение, а в других — уменьшение амплитуды результирующей волны, называется интерференцией волн.

В природе явление интерференции можно видеть на тонких пленках, толщина которых сопоставима с длинами волн монохроматических излучений. Например, нефтяные пятна на воде создают разноцветные узоры. Интерференция видна также и на фотопленках, плотно прижатых к полированным стеклам. В этих случаях на поверхности видны кольцеобразные узоры, называемые «кольцами Ньютона».

1.5. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЦВЕТА

Между монохроматическим излучением определенной длины волны и зрительным ощущением соответствующего спектрального цвета существует физиологически обусловленная связь. Излучения с длиной волны меньше 400 нм практически невидимы. Они называются ультрафиолетовыми. Наиболее коротковолновые (400—440 нм) излучения, видимые глазом, имеют темно-синий цвет. Начиная от 440 нм цвет монохроматических излучений постепенно изменяется от темно-синего к синему. При дальнейшем увеличении длины волны до 490 нм цвет излучений меняется от синего к сине-зеленому. Всю группу спектральных излучений с длинами волн от 400 до 490 нм называют с и н е й з о н о й с п е к т р а.

Второй участок — от 490 до 570 нм — з е л е н а я з о н а с п е к т р а. Спектральные цвета этой зоны с увеличением длины волны постепенно изменяются от сине-зеленых до желто-зеленых и желтых.

Третий участок спектра 580—720 нм называется к р а с н о й з о н о й с п е к т р а. В этой зоне цвета спектральных излучений постепенно меняются от желто-красных (580 нм) до красных (720 нм). Таким образом, весь спектр монохроматических излучений делится на три зоны: синюю, зеленую и красную, в каждой из которых спектральные цвета изменяются сравнительно незаметно. В значительно большей степени спектральные цвета изменяются в двух переходных зонах, которые можно видеть на границах между зонами: 1) синей и зеленой, 2) зеленой и красной. Так, на участке спектра 480—500 нм спектральные цвета заметно изменяются от синего к зеленому. Этот переходный участок называют голубым. Второй участок заметного изменения цвета называют оранжевым, он соответствует излучениям, которые имеют длину волны 560—580 нм.

В повседневной жизни нам не приходится наблюдать монохроматических излучений. Свет, излучаемый обычными источниками, а также свет, отражаемый от окружающих нас предметов, несветящихся тел, всегда имеет сложный спектральный состав, т. е. состоит из суммы монохро-

1.1. Распределение цветов по спектру

Цвет излучений	Длина волны λ , нм	Спектраль- ная зона	Участок резко изме- няющегося цвета
Темно-синий Синий Голубой	400—440 440—480 480—490	Синяя	Голубой
Сине-зеленый Зеленый Желто-зеленый	490—510 510—550 550—570	Зеленая	
Желтый Оранжевый Красный	570—580 580—620 620—720	Красная	Желто-оранжевый

матических излучений разной мощности. В этом можно убедиться, если, например, разложить в спектр свет электрической лампы накаливания или другого источника. Каждый из этих источников света отличается от другого спектральным составом излучения, иначе говоря, распределением энергии по спектру.

Распределение энергии по спектру определяют на оптических приборах: спектрографах, спектрофотометрах, спектрорадиометрах.

1.6. СВЕТОВОЙ И ЦВЕТОДЕЛЕННЫЙ ПОТОК

В большинстве случаев необходимо знать мощность не всего излучения, а только той его части, которая воздействует на заданный светочувствительный приемник энергии: глаз, фотопленку, фотоэлемент и др. Часть лучистого потока, воздействующая на светочувствительный приемник, называется ф о т о а к т и н н ы м п о т о к о м.

Когда перед приемником, например, перед фотопленкой, устанавливают синий, зеленый или красный светофильтр, то говорят о ц в е т о д е л е н н ы х п о т о к а х. Иначе говоря, цветоделенный поток — это та часть лучистого потока, которая, проходя через цветоделительный светофильтр, воздействует на приемник лучистой энергии. Мощность цветоделенных потоков выражают также в Ваттах.

Наш глаз не одинаково чувствителен к монохроматическим излучениям даже в видимой части спектра. Поэтому для глаза тоже вычислены визуально-эффективные

потоки. Часть лучистого потока, пропорциональная спектральной чувствительности глаза, называется световым потоком, который выражают в единицах, называемых люменами (лм).

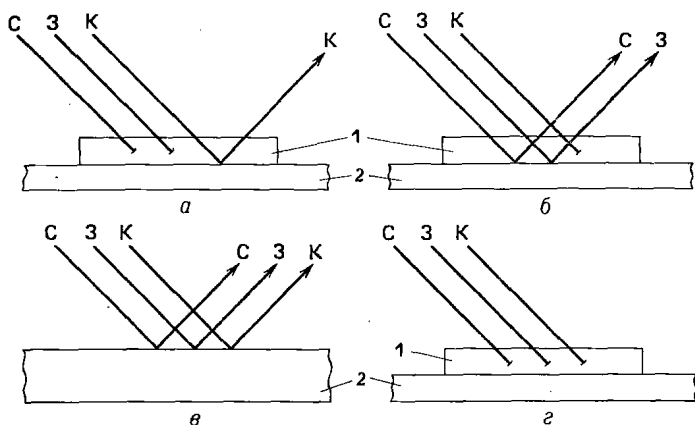


Рис. 1.6. Цвет непрозрачных предметов:

1 — краска, 2 — белая бумага; C — синее, З — зеленое, К — красное — излучения дневного света; а — красная краска на бумаге, б — голубая краска на бумаге, в — белая бумага, г — черная краска на бумаге

Избирательное спектральное отражение и пропускание.

Одни предметы мы видим благодаря отраженному от них свету, а другие вследствие прошедшего через них света

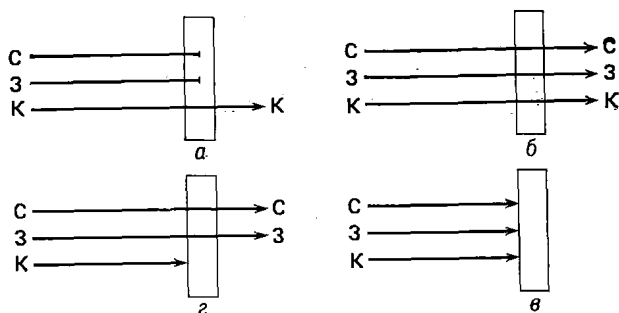


Рис. 1.7. Цвет прозрачных тел:

C — синее, З — зеленое, К — красное — излучения дневного света; а — красное стекло; б — неокрашенное стекло; в — черное стекло; г — голубое стекло

(рис. 1.6, 1.7). Цвета предметов как в проходящем, так и в отраженном свете, определяются их оптическими свойствами, условиями освещения и рассматривания. Говоря об

оптических свойствах предметов, прежде всего имеют в виду их избирательное спектральное отражение или пропускание. Избирательное пропускание выражается в том, что одни монохроматические излучения в большей мере пропускаются предметом, а другие — в меньшей. Избирательное отражение проявляется в том, что монохроматические излучения отражаются от него в разных пропорциях. Предметы, которые в большей мере пропускают или отражают красные излучения, мы видим красными. Предметы, которые сильнее отражают или пропускают излучения зеленой зоны спектра, мы видим зелеными.

Избирательное спектральное отражение излучений какой-либо поверхностью определяют в сравнении с некоторым эталоном белого, чаще всего в сравнении с пластиной, покрытой слоем бария. Отражение монохроматических излучений выражают коэффициентом спектрального отражения. Коэффициент спектрального отражения ρ_λ определяют отношением монохроматического потока Φ_λ , отраженного от характеризующей поверхности, к монохроматическому потоку Φ_λ^g , отраженному от белого эталона:

$$\rho_\lambda = \frac{\Phi_\lambda}{\Phi_\lambda^g},$$

где λ — длина волны монохроматического излучения, для которого измеряется спектральное отражение.

Для полного представления о спектральном отражении характеризующего предмета проводят измерения последовательно по спектру в монохроматических потоках через каждые 10 нм.

Избирательное спектральное пропускание предметами монохроматических излучений выражают спектральными коэффициентами пропускания. Спектральный коэффициент пропускания τ_λ определяют отношением монохроматического потока Φ_λ , прошедшего через предмет, к монохроматическому потоку Φ_λ^g , упавшему на этот предмет:

$$\tau_\lambda = \frac{\Phi_\lambda}{\Phi_\lambda^g},$$

где λ — длина волны монохроматического излучения, для которого измеряется спектральное пропускание.

Для полного представления о спектральном пропускании предмета измерения спектральных коэффициентов пропускания проводят последовательно по спектру через каждые 10 нм.

Результаты измерений выражают графически кривыми спектрального отражения или пропускания. Для этого по горизонтали откладывают значения длин волн, в

которых проводилось измерение, а по вертикали — значения соответствующих коэффициентов отражения. На рис. 1.8 изображены кривые спектрального отражения желтой, пурпурной и голубой красок, которые используют при печатании в полиграфии. Эти краски в значительной мере отражают излучения двух зон спектра, излучений третьей зоны почти не отражают, так как краска их поглощает. Так, желтая краска почти полностью отражает красные излучения, несколько меньше зеленые, синих же излучений отражает сравнительно мало. Коэффициент отражения желтой краски в красной зоне спектра в среднем 0,85, в зеленой 0,85, а в синей 0,05. На этом же рисунке показаны кривые спектрального пропускания трех светофильтров — синего, зеленого и красного.

По кривым видно, что каждый из трех светофильтров пропускает излучения одной из трех зон спектра и почти полностью поглощает (т. е. не пропускает) излучения двух других зон спектра. Так, синий светофильтр пропускает излучения синей зоны спектра и не пропускает излучения зеленой и красной зон.

Монохроматические излучения разных длин волн поглощаются разными предметами в разных пропорциях. Например, желтая краска поглощает много синих излучений, а отражает (или пропускает) зеленые и красные. Краска, поглощающая красные излучения, имеет голубой цвет, так как отражает синие и зеленые излучения.

При увеличении толщины окрашенного слоя энергия прошедших через слой излучений уменьшается, а поглощение излучений соответственно увеличивается. Если прозрачным слоем поглощается 75% энергии данного монохроматического излучения, то спектральный коэффициент пропускания будет равным 0,25, а если же слоем поглощается всего 20% энергии, то коэффициент пропускания соответственно увеличивается до 0,8.

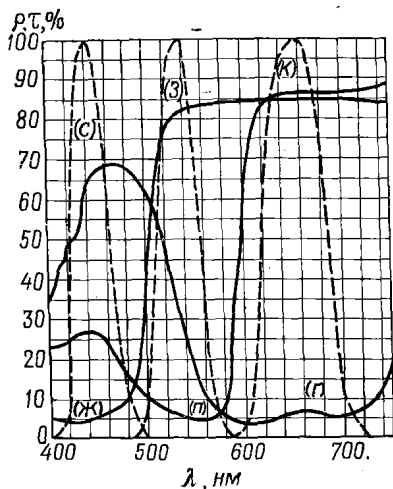
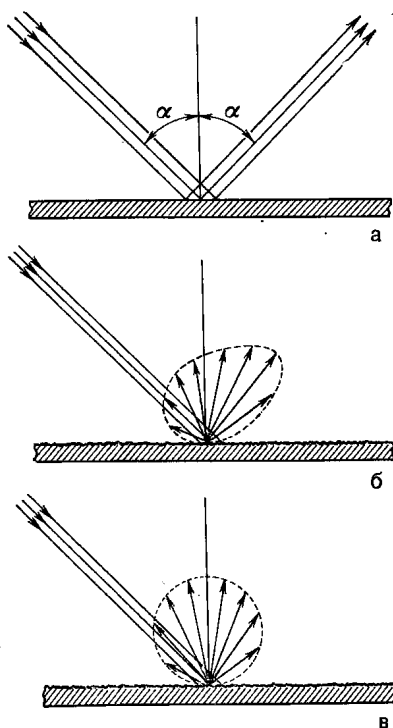


Рис. 1.8. Спектральные кривые отражения (ρ) красок, используемых для цветной печати (сплошная линия), и пропускания (τ) цветоделительных светофильтров (пунктир)

1.7. НАПРАВЛЕННОЕ И ДИФФУЗНОЕ (РАССЕЯННОЕ) ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА

Цвет окружающих нас предметов определяется в основном избирательным спектральным пропусканием и отражением. Однако на цвет предметов оказывает влияние фактура поверхности рассматриваемого предмета, а также структура самого вещества. Например, красочный слой состоит из мелких частиц светопреломляющего вещества — пигмента, равномерно распределенного в прозрачном связующем веществе. Гладкая поверхность предопределяет поверхностное светорассеяние, а светопреломляющие частицы пигмента предопределяют внутреннее светорассеяние и избирательное отражение света.



От тела с гладкой поверхностью свет отражается преимущественно в одном направлении. Такое отражение называется **направленным**, или **зеркальным**. От тела с шероховатой поверхностью отраженный свет рассеивается во все стороны. Такое отражение называется **диффузным**, или **рассеянным** (рис. 1.9).

Идеально гладких поверхностей, также как и поверхностей, которые рассеивали бы свет во все стороны совершенно равномерно, не существует. Лишь от хорошо отполированного зеркала падающий свет отражается в одном направлении, почти не рассеиваясь. Направленно отраженная часть упавшего света имеет вид блика — очень светлого пятна.

Большинство предметов отражает свет диффузно-

Рис. 1.9. Отражение света от непрозрачных предметов:

а — с гладкой поверхностью — зеркально направленное отражение; **б** — с шероховатой поверхностью — частично направленное и частично рассеянное отражение; **в** — с идеально рассеивающей поверхностью — диффузное (полностью рассеянное) отражение

направленно, т. е. часть упавшего на предмет света отражается направленно, а часть — рассеянно.

Рассеянное отражение — результат того, что слой вещества состоит из разноориентированных частиц, например бесцветных волокон бумаги. Так как поверхности этих частиц располагаются под разными углами к падающему свету, то и отражается свет по разным направлениям. Чем мельче частицы, тем сильнее и равномернее во все стороны отражается свет. Поэтому от мелованной бумаги, содержащей в покровном слое мелкие частицы белых пигментов, свет отражается в большей мере, чем от бумаги с пористой поверхностью.

Для красок так же, как и для бумаг, применяемых в полиграфии, характерно не только поверхностное, но и внутреннее светорассеяние.

Поверхностное светорассеяние зависит от степени гладкости поверхности. Внутреннее — от размера частиц красящего вещества, его концентрации, проникновения в бумагу и соотношения спектральных коэффициентов преломления света пигментом и связующим веществом. Поэтому при одной и той же краске спектральное отражение, а следовательно, и цвет окрашенной поверхности, зависит от шероховатости подложки, на которую переходит краска, и от гладкости поверхности образующегося красочного слоя.

В зависимости от поверхностного и внутреннего светорассеяния все предметы подразделяют на прозрачные, мутные (полупрозрачные) и непрозрачные. Прозрачными называются предметы, через которые отчетливо видны контуры даже далеко расположенных предметов. Прозрачные слои содержат в качестве окрашивающих веществ такие частицы, которые в сравнении с длинами волн видимого спектра имеют относительно малые размеры. Прозрачные вещества практически не отражают падающий на них свет, и поэтому их цвет полностью определяется прошедшими через них излучениями.

Мутные вещества (среды) — это те, которые содержат в прозрачном связующем более крупные частицы, размеры которых превышают длины волн излучений видимого спектра. К мутным средам относятся, например, акварельные краски, листы некоторых видов бумаги, крупнотертые масляные краски и т. д.

Совершенно непрозрачных веществ не существует, даже металлические пластинки, если они очень тонкие, пропускают часть падающего на них света. Тонкие красочные слои частично пропускают упавший на них свет до

самой подложки (например, бумаги), а также свет, отраженный от нее.

К непрозрачным предметам относятся те, толщина которых, в том числе и толщина окрашенного слоя, велика настолько, что пропущенным им до подложки светом можно пренебречь. В большинстве случаев нас окружают именно такие предметы. Они имеют большую толщину красочного слоя (или большую концентрацию пигмента) и часть падающего света отражают, а часть поглощают.

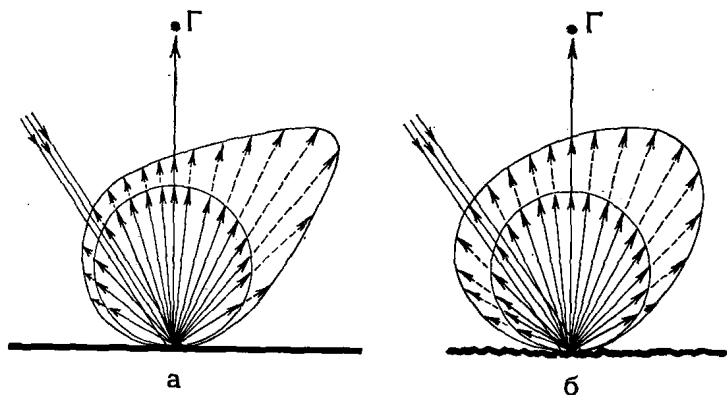


Рис. 1.10 Отражение света от поверхности мелованной (а) и немелованной (б) бумаги:

пунктирными линиями показан поверхностно-отраженный свет, имеющий цвет падающего света; сплошными — глубинно-отраженный свет, имеющий цвет красящего вещества. От гладкой поверхности в глаз наблюдателя (Г) попадает значительно большая доля глубинно-отраженного окрашенного света по сравнению с поверхностно-отраженным (бесцветным) светом

Непрозрачные предметы достаточно характеризовать только спектральным отражением, а прозрачные — только спектральным пропусканием. Полупрозрачные же предметы, например листы бумаги, приходится характеризовать как спектральным отражением света, так и его пропусканием. Причем отражательную способность характеризуют в рассеянном свете и в направленном пучке света.

Определение соотношения рассеянно отраженного к направленно отраженному свету имеет важное значение для характеристики полупрозрачных красочных слоев, бумаги, а также репродукций. Например, с увеличением рассеяния света цвета на репродукции становятся разбеленными, блеклыми.

Для полного представления о соотношениях направленно и рассеянно отраженного света строят диаграмму,