

Столетов Александр Григорьевич

Введение в акустику и оптику

Конспект в пособие к лекциям

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 51
ББК 22.1
А46

А46 **Александр Григорьевич С.**
Введение в акустику и оптику: Конспект в пособие к лекциям / Столетов Александр Григорьевич – М.: Книга по Требованию, 2023. – 104 с.

ISBN 978-5-519-75491-0

ISBN 978-5-519-75491-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

О Г Л А В Л Е Н І Е.

Стр.

I. Общее введеніе и акустика.

Колебанія точки (частицы)	1
Волны	11
Приложенія къ акустикѣ	21

II. Физическая оптика.

Гипотеза объ эфирѣ. Общія положенія.	
Скорость свѣта	33
Прямолинейное распространеніе свѣта	33
Отраженіе свѣта	44
Преломленіе свѣта	48
Дисперсія свѣта. Спектры	54
Интерференція свѣта	66
Диффракція свѣта	75
Поляризованный свѣтъ (общія свѣдѣнія)	89
Распространеніе свѣта въ кристаллахъ	98
Цвѣта кристаллическихъ пластинокъ	112
Вращательная поляризація	118
Отраженіе и преломленіе поляризованнаго свѣта	124

ОПЕЧАТКИ И ПОПРАВКИ.

Стр.	Строка.	Напечатано.	Слѣдуетъ читать.
1	4 снизу	$v = v_m = \cos (MK, XX)$	$v = v_m \cos (MK, XX)$
5	1 снизу	(прибавить)	Обратно: простое колебаніе съ амплитудой A по линіи I можно разложить на два взаимно-перпендикулярныя простыя, съ амплитудами $A_1 = A \cos \phi$, $A_2 = A \sin \phi$, безъ разности фазъ (ϕ — уголъ 1-го съ I).
9	14 сверху	въ P	въ B
15	подстр. примѣч.		(перенести на стр. 16)
16	подстр. примѣч.		(перенести на стр. 15; вм. — (dp) слѣдуетъ: ($-dp$).
17	25 сверху	какъ	какъ скоро
21	1 сверху	возможно	имѣется возможно
24	22 сверху	содержитъ	совершаетъ
36	11 сверху	$300 \cdot 10^6 \frac{km}{sec}$	$300 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$
42	14 сверху	свѣтовой	свѣтящей
"	3 снизу	$r = 2 \frac{\lambda}{2}$	$r + 2 \frac{\lambda}{2}$
43	1 снизу	$Z_3 = \frac{\pi R r \lambda}{R+r} \left(1 + \frac{5\lambda}{4r} \right)$	$Z_3 = \frac{\pi R r \lambda}{R+r} \left(1 + \frac{5\lambda}{4r} \right)$
45	23 сверху	по законамъ § 90.	по законамъ § 93.
50	16 сверху	среди	средѣ
59	1 снизу	послѣдняго	послѣднихъ
63	3 снизу	флорофилль	хлорофилль
68	15 сверху	лупу λ	лупу L
75	5 сверху	волны	полуволны
77	4 снизу	внутри	внутрь отъ границы
79	12 снизу	по CM	по BM

VIII

Стр.	Строка.	Напечатано.	Слѣдуетъ читать.
80	27 сверху	правила § 68	правила § 8
85	21 сверху	$a \times b$	$a + b$
89	1 снизу	(прибавить)	Самыя линіи здѣсь — не черныя, а цвѣтныя.
91	12 снизу	вращать	быстро вращать
97	7 сверху	лучъ	всякій лучъ
106	9 снизу	$I_1 R$	$I_1 R'$
110	черт. 142		(на ab , у вершины конуса, поставить букву I).
113	14 сверху	(прибавить)	$\alpha + \beta = \gamma$.
120	9 снизу	$\rho = \rho \cdot e \cdot d$.	$\rho = \rho_1 \cdot e \cdot d$.
"	8 снизу	ρ	ρ_1
"	2 снизу	$\rho = \rho \cdot etd$.	$\rho = \rho_1 \cdot etd$.
121	1, 3, 4, 5 св. 2 сн.	ρ	ρ_1
124	3 сверху	Формулы	Теорія
125	16 снизу	выростаніемъ	возрастаніемъ
127	4 снизу	сложеніе	отраженіе

Физическая оптика.

Гипотеза объ эфирѣ. — Общія положенія.

§ 73. Явленія свѣта, послѣ неудачной „теоріи истечения“, объясняютъ какъ колебанія малѣйшихъ частицъ свѣтящихся тѣлъ, — колебанія, которыя передаются волнами *эфира*.

Необходимость допустить эту особую среду вытекаетъ изъ того, что 1) свѣтъ доходитъ къ намъ отъ небесныхъ тѣлъ и распространяется чрезъ „пустоту“; 2) скорость свѣта, какъ увидимъ, такъ громадна, что волны въ какомъ-либо изъ извѣстныхъ намъ тѣлъ (напр. въ разрѣженномъ газѣ) не объяснили бы дѣла (она почти въ 10^6 разъ больше скорости волнъ въ воздухѣ); 3) волны свѣтovyя слѣдуетъ считать *поперечными*, а такія невозможны въ газѣ.

Первоначальная гипотеза (Гейгенса, Френеля) считаетъ свѣтovyя волны эфира вполне аналогичными съ волнами (поперечными) въ твердой средѣ. Эфиръ (по крайней мѣрѣ по отношенію къ быстрымъ колебаніямъ) приходится уподоблять *твердому тѣлу* (притомъ — несжимаемому, ибо продольныхъ волнъ въ немъ, повидимому, нѣтъ). Всякая частица эфира въ свѣтовой волнѣ совершаетъ колебанія въ плоскости волны, поддерживаемыя упругостью.

Въ новое время открыты соотношенія между свѣтовыми и электрическими явленіями. Электрическіе процессы въ непроводящей средѣ распространяются также волнами, съ такой же скоростью какъ свѣтъ; такіа „электрическія волны“ вполне подобны свѣтовымъ (недавніе опыты Герцга особенно наглядно это показали). — Поэтому Максвеллъ (1865 г.) предложилъ *электромагнитную теорію свѣта*: свѣтovyя волны суть поперечныя волны „электрическихъ колебаній“ эфира; въ чемъ именно состоитъ механизмъ такихъ колебаній — пока еще не ясно, но отъ этого обобщенія выигрываютъ и Оптика, и Электричество.

Мы будемъ говорить въ духѣ прежней (Френелевой) гипотезы, главные заключенія которой остаются вѣрными и въ новой теоріи.

§ 74. Распространеніе свѣта въ *прозрачныхъ тѣлахъ* слѣдуетъ приписать также эфиру, наполняющему междучастичные промежутки тѣла. Скорость свѣта здѣсь вообще иная, чѣмъ въ пустотѣ; въ тѣлахъ кристалли-

ческихъ она различна по различнымъ направленіямъ. Слѣдуетъ заключить, что содержащійся въ тѣлахъ эфиръ пріобрѣтаетъ особыя свойства, подъ вліяніемъ частицъ „вѣсомой“ матеріи, — что въ тѣлахъ кристаллическихъ онъ получаетъ также какъ бы кристаллическое строеніе. Въ тѣлахъ непрозрачныхъ эфиръ потерялъ способность распространять свѣтовые волны: онъ *поглощается*; при этомъ вмѣсто исчезнувшей энергіи свѣтовой является энергія тепловая (поглощающее тѣло нагревается), иногда химическая (тѣло, буде оно сложное, разлагается); иногда поглощающее тѣло само становится источникомъ свѣта (свѣтящимся).

§ 75. Мы знаемъ свѣтъ различной *цвѣтности* или окраски, и укажемъ способы *анализировать* свѣтъ на разноцвѣтные составныя части, въ родѣ того какъ анализируемъ звукъ на простые тоны. *Монохроматическій* свѣтъ есть тотъ, который при такомъ анализѣ не распадается на разнородныя составныя части (таковъ напр. приблизительно свѣтъ раскаленныхъ паровъ натрія). *Бѣлый* свѣтъ оказывается всегда сложнымъ: онъ состоитъ по меньшей мѣрѣ изъ двухъ монохроматическихъ сортовъ, обыкновенно же — изъ безчисленно-многихъ.

По теоріи волнъ монохроматическій свѣтъ аналогиченъ простому тону: онъ распространяется волною *простыхъ колебаній* эфиръ, и характеризуется определеннымъ *періодомъ колебаній* (T). Соответственная *длина волны* λ определяется знакомымъ намъ соотношеніемъ (§ 30) $\lambda = VT$, гдѣ V скорость волнъ даннаго періода въ данной средѣ. Смѣшанный (напр. бѣлый) свѣтъ соответствуетъ сложному звуку; но глазъ нашъ не можетъ самъ собою анализировать такой свѣтъ, какъ это дѣлаетъ ухо (§ 59) относительно сложнаго звука.

§ 76. Обыкновенно тѣло становится источникомъ свѣта (начинаетъ *свѣтиться*), когда оно получило достаточно высокую температуру. Нагрѣвая постепенно какой-нибудь металлъ, мы замѣчаемъ, что при известной температурѣ (выше 500°C.) оно начинаетъ испускать слабый красный свѣтъ (красное каленіе); съ повышеніемъ температуры свѣтъ становится ярче, къ краснымъ лучамъ постепенно прибавляются оранжевые, желтые и т. д., наконецъ (около 1200°) получается *бѣлое* каленіе (свѣтъ имѣетъ всѣ радужныя цвѣта, кончая фіолетовымъ).

Особыми способами мы убѣждаемся, что и ранѣе замѣтнаго *свѣтоиспусканія*, тѣло испускаетъ лучи, аналогичные свѣтовымъ, но не дѣйствующие на ретину глаза (лучи *инфракрасные*); такіе лучи испускаются всякимъ тѣломъ при всякой температурѣ. Съ другой стороны, по достиженіи бѣлаго каленія, дальнѣйшее повышение температуры сопровождается испусканіемъ новыхъ лучей, также почти не дѣйствующихъ на глазъ (*ультрафіолетовыхъ*). Эти невидимые лучи подчиняются тѣмъ же законамъ, какъ и лучи собственно-свѣтовые.

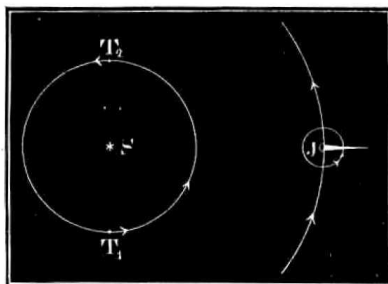
Лучи инфракрасные и ультрафіолетовые соответствуютъ тонамъ, которые не вызываютъ слухового ощущенія (первыя — слишкомъ низкимъ, вторыя — слишкомъ высокимъ тонамъ). Изъ числа видимыхъ лучей красныя имѣютъ, какъ увидимъ, наибольшій періодъ колебаній (наибольшую длину волны), фіолетовыя — наименьшій. По мѣрѣ нагрѣванія тѣла, являются болѣе и болѣе быстрыя колебанія его частицъ, болѣе и болѣе быстрыя колебанія въ окружающемъ эфирѣ.

§ 77. Монохроматическій свѣтъ (или, общѣе говоря, волна *простыхъ* колебаній эфиръ) при своемъ распространеніи *не измѣняетъ своего періода*; длина же волны ($\lambda = VT$) измѣняется, когда волна переходитъ въ новую среду, гдѣ V измѣнилась. — Случай, когда повидимому измѣняется періодъ колебаній (напр. флуоресценція) слѣдуетъ разсматривать такъ, что прежняя волна поглощена и возникла новая.

Скорость свѣта.

§ 78. И теорія истеченій, и новыя теоріи, требуютъ, чтобы свѣтъ распространялся *неминовенно* (съ конечною скоростью). Что такъ и бываетъ, доказано еще въ XVII вѣкѣ (Рёмеръ). Объясняя преломленіе свѣта, теорія истеченій приходила къ выводу, что $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V'}{V}$ (гдѣ V' скорость свѣта въ той средѣ, куда лучъ преломляется, V — въ той, гдѣ онъ падаетъ). Теорія волненій, какъ увидимъ, даетъ $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V}{V'}$. Такъ при преломленіи изъ воздуха въ воду (приблизительно) $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{4}{3}$; по старой теоріи это бы значило, что скорость въ водѣ въ отношеніи 4:3 больше, по новой — что она въ отношеніи 3:4 меньше чѣмъ въ воздухѣ. Оправданіе послѣдняго результата опытомъ (сперва косвенно, при явленіяхъ интерференціи, потомъ прямыми измѣреніями V и V') показало несостоятельность теоріи истеченій.

§ 79. *Наблюденіе затмений спутника Юпитера* (Рёмеръ). — Второй спутникъ Юпитера затмевается каждыя 42 $\frac{1}{2}$ часа, входя въ тѣнь планеты. Наблюдая промежутки времени между двумя входами въ тѣнь, или между двумя выходами изъ тѣни, находимъ, что эти промежутки длиннѣе, когда земля удаляется отъ Юпитера (идетъ около T_2), что они короче — когда она приближается (около T_1). Рёмеръ приписалъ это мгновенности распространенія свѣта: при наблюденіяхъ вблизи T_2 свѣтъ спутника, при выходахъ изъ тѣни, находитъ землю все на большихъ и большихъ разстояніяхъ; напротивъ, при наблюденіяхъ около T_1 , помраченія спутника замѣчаются все съ меньшихъ и меньшихъ разстояній. Рёмеръ рассчиталъ, что на прохожденіе діаметра земной орбиты (длина коего = около $300 \cdot 10^6$ km) свѣтъ потребуеть $16^m 26^s = 986^s$; откуда скорость свѣта = около $300 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$.

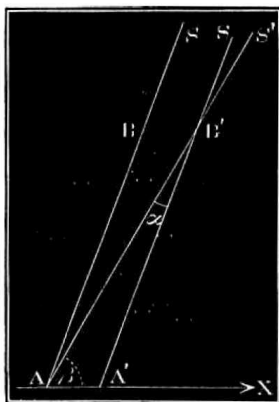


Черт. 32.

§ 80. *Аберрація звѣздъ*. — Въ числѣ малыхъ движеній „неподвижныхъ“ звѣздъ имѣются такія: звѣзда, лежащая въ полюсѣ эклиптики, описываетъ въ теченіе года кругъ, параллельный эклиптикѣ, съ радіусомъ = 20'',4; звѣзды, лежащія въ плоскости эклиптики, движутся по дугѣ круга эклиптики, уклоняясь по обѣ стороны на 20'',4 отъ средняго положенія; звѣзды промежуточныя описываютъ эллипсы, болѣе или менѣе растянутые.

Пусть AB линія зрѣнія трубы: B — центръ объектива, A — точка пересѣченія нитей въ окулярѣ. Еслибы земля была неподвижна, мы увидали бы въ центрѣ креста нитей звѣзду S . Но пока свѣтъ доходитъ изъ B въ A , точки земли передвинутся въ направленіи AX на разстояніи $AA' = BB'$. Чтобы свѣтъ, идущій всегда по прямой линіи, пошелъ по линіи зрѣнія, нужно трубу направить по AB' : тогда свѣтъ будетъ попадать въ каждую точку линіи зрѣнія въ то самое время, когда эта точка при-

детъ на прямую SA' . Это значитъ, звѣзда кажется отклоненною отъ истиннаго положенія на уголъ $SB'S' = \alpha$ въ плоскости (AS, AX) .

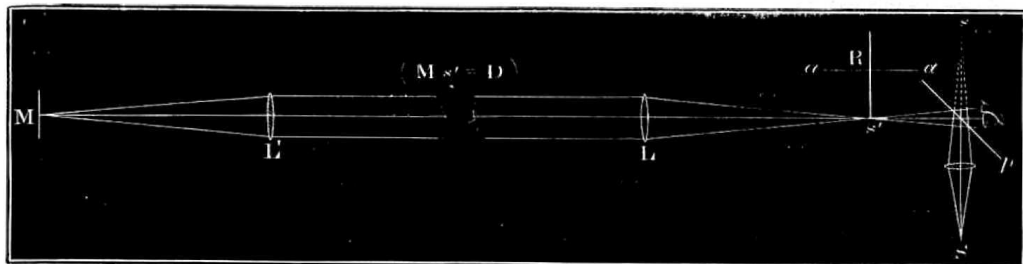


Черт. 33.

Такъ какъ $\sin \alpha : \sin \beta = AA' : A'B' = v : V$ (v скорость земли, V скорость свѣта), то $\sin \alpha = \frac{v}{V} \sin \beta$ будетъ наибольшимъ для $\beta = 90^\circ$, и

$\alpha = 0$ при $\beta = 0$. Отсюда объясняются всѣ описанныя особенности явленія. Такъ какъ для звѣзды въ полюсѣ эклиптики α всегда $= 20''$, 4, то $\frac{v}{V} = \sin 20''$, 4 $= 0,0000989$. Средняя скорость земли $v = 29,8 \frac{km}{sec}$ ($= \frac{2\pi \cdot 150 \cdot 10^6}{365,25 \cdot 24 \cdot 3600}$). Отсюда V (прибл.) опять $= 300 \cdot 10^6 \frac{km}{sec}$.

§ 80. Метода Физд. — Отъ свѣтящей точки S дѣлають собирательнымъ стекломъ изображение въ s . Посредствомъ плоскопараллельнаго стекла p часть лучей отбрасываютъ, такъ что получается изображение въ s' . Точка s' лежитъ въ главномъ фокусѣ чечевицы L , которая посылаетъ лучи параллельными ея главной оси на другую станцію. Тамъ лучи собираются въ главный фокусъ стекла L' , лежа-



Черт. 34.

щей на плоскомъ зеркалѣ M . Зеркало (перпендикулярное къ прямой $s'M$) отражаетъ лучи опять къ L' , и они снова соберутся въ s' и оттуда пойдутъ къ глазу O , который этими лучами видитъ свѣтлую точку въ s' (сквозь стекло p).

Зубчатое колесо R помѣщено такъ, что зубецъ (или промежутокъ зубцовъ) приходится въ s' . Смотря по положенію колеса, свѣтлая точка будетъ или закрыта для глаза O , или открыта. Если колесо равномерно вращается на оси aa , свѣтлая точка затмевается и восстанавливается периодически. Если скорость вращенія такова, что происходитъ не менѣе 10 восстановленій въ 1 сек., мы не замѣтимъ мерцанія: впечатлѣнія сливаются, и мы будемъ все время видѣть свѣтъ въ s' , только яркость его будетъ $= \frac{1}{2}$ той, какая была бы безъ колеса.

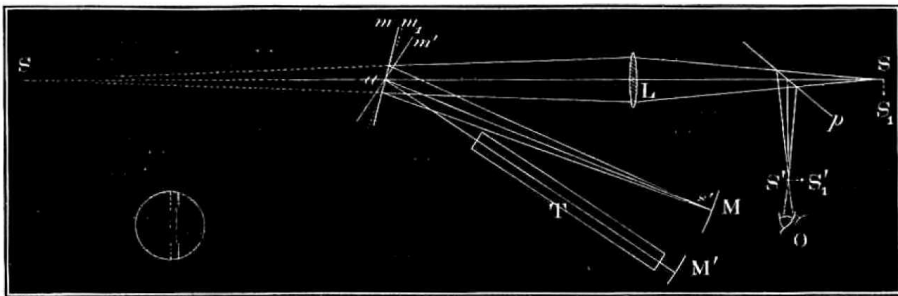
Еслибы свѣтъ распространялся мгновенно, такое положеніе дѣлъ оставалось бы при сколько угодно большихъ скоростяхъ вращенія. Если требуется время на передачу свѣта, то будетъ иное. Пусть въ то время, пока свѣтъ идетъ изъ s' до M и обратно къ s' , промежутокъ колеса успѣлъ замѣниться зубцомъ: тогда свѣтъ въ s' *воплотъ померкнетъ*. При удвоенной скорости вращенія онъ опять восстановится. И т. д.

Пусть колесо имѣетъ n зубцовъ и n такой же ширины промежутковъ, и пусть при первомъ помыканіи оно дѣлаетъ N оборотовъ въ 1 сек. Тогда время τ , употребляемое колесомъ на замѣну промежутка ближайшимъ зубцомъ, тратится на прохожденіе свѣтомъ пути $s'M + Ms' = 2D$, т. е.

$$\tau = \frac{1}{N \cdot 2n} = \frac{2D}{V}.$$

Получались числа близкія къ выше указаннымъ. (Cornu впоследствии по той же методѣ нашелъ, приводя результатъ къ пустотѣ, $300,4 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$).

§ 82. Метода Фукд. — Мѣтка S даетъ изображеніе посредствомъ чечевицы L . Такъ какъ лучи встрѣчаютъ зеркальце m , изображеніе будетъ не въ s , а въ s' , — на поверхности вогнутого зеркала M (перпендикуляр-



Черт. 35. bis.

Черт. 35.

ной къ as'). Отсюда лучи возвращаются къ m и L отраженіемъ, проходятъ L , и даютъ изображеніе мѣтки, совпадающее съ самою мѣткой въ S' , и въ то же время — отраженное (отъ плоскопараллельнаго стекла p) изображеніе въ S'' , которое наблюдается изъ O .

Если зеркало m вращается около оси a съ не очень большою скоростью, возвращеніе лучей отъ a къ S и S' будетъ происходить только въ теченіе очень короткаго времени (пока m проходитъ вблизи положенія, означеннаго на чертежѣ). Изображеніе въ S' будетъ мерцающее, но при скорости около 10 оборотовъ въ секунду мерцаніе незамѣтно, и въ S' постоянно видно изображеніе (только очень ослабленной яркости).

Когда обращеніе зеркала m очень быстро, m успѣетъ повернуться на замѣтный уголъ α (въ m_1), пока свѣтъ идетъ отъ a до M и обратно отъ M до a . Изображенія у S и у S' смѣстятся при этомъ на уголъ 2α въ томъ же направленіи (въ S_1 и S'_1). Этому углу 2α будетъ соответствовать линейное смѣщеніе на длину $d = R \tan 2\alpha =$ (приблиз.) $R \cdot 2\alpha$. На прохожденіе зеркаломъ m этого угла α тратится время $\tau = \frac{1}{N} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} = \frac{d}{4\pi NR}$ (N число оборотовъ въ 1 сек.); въ это же время свѣтъ проходитъ $2aM = 2D$. Итакъ $\frac{2D}{V} = \frac{d}{4\pi NR}$, откуда, зная D, N, R, d , находимъ V .

Зеркальце m , вращаемое воздушной турбиной, могло дѣлать болѣе 800 об. въ 1 сек. Мѣткой S служило отверстіе съ протянутымъ волоскомъ (онъ перпендикуляренъ чертежу).

Въ M' можно было поставить другое вогнутое зеркало и передъ нимъ трубу T съ водою, закрытую плоскопараллельными стеклами; оно также въ извѣстные моменты, когда зеркало въ m' , посылало лучи къ S и S' , но эти лучи шли частью чрезъ воду. Если вода медленнѣе распространяетъ

свѣтъ, изображеніе, даваемое этими лучами, будетъ *болѣе* прежняго отклонено; это и наблюдалось. (Вслѣдствіе неполной прозрачности воды это изображение нѣсколько окрашено).

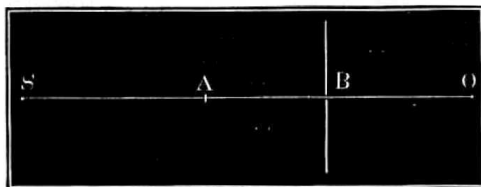
Чтобъ отличить два изображенія, передъ *M* ставили щель (параллельную чертежу). Тогда глазу представлялась картина, указанная на чертежѣ 35. bis.

Подобные опыты, съ усовершенствованіями, повторялъ *Michelson* и получилъ $V = 299,94 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$ (для пустоты).

Итакъ круглымъ числомъ примемъ $V = 300 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$ для свободного эфира; въ немъ *V* одинакова для всякихъ вообще лучей (не зависитъ отъ *T* или λ).

Прямолинейное распространеніе свѣта.

§ 83. Въ однородной прозрачной средѣ свѣтъ распространяется по прямымъ линіямъ („лучамъ“). Чтобы свѣтъ отъ точки *S* приходилъ въ



Черт. 36.

точку *O*, необходимо и достаточно, чтобы ни одна изъ точекъ прямой *SO* не была занята непрозрачнымъ веществомъ. Безконечно - малый непрозрачный экранъ въ *A* не допускаетъ свѣта въ *O* (точка *O* въ тѣни). Непрозрачный экранъ *B*, имѣющій безконечно-малое отверстіе на линіи *SO*, не мѣшаетъ доступу свѣта въ *O*¹⁾.

Такимъ образомъ, вообразивъ въ средѣ безконечно-тонкій коническій каналъ, осью которому служить прямая *SO*, можемъ сказать, что передача свѣта изъ *S* въ *O* происходитъ только внутри этого канала и нисколько не зависитъ отъ того, что находится и что происходитъ внѣ канала. Та отдѣльная и независимая доля свѣта точки *S*, которая идетъ къ *O* такимъ воображаемымъ каналомъ, называется *физическимъ лучомъ* точки *S*, посылаемымъ въ направленіи *SO*. Вся совокупность свѣта, исходящаго изъ *S*, есть совокупность физическихъ лучей, идущихъ по всевозможнымъ направленіямъ.

Ось физического луча (математическая прямая линія) называется *геометрическимъ лучомъ*.

Если точка *S* весьма далека отъ *O*, то вблизи *O* каждый физическій лучъ можно считать цилиндрическимъ, и всѣ геометрические лучи — параллельными.

На практикѣ мы можемъ выдѣлить (малымъ отверстіемъ) болѣе или менѣе широкій пучокъ физическихъ лучей; если онъ достаточно тонокъ, можно считать его за одинъ лучъ.

§ 84. Законъ прямолинейнаго распространенія свѣта доказывается на опытахъ: 1) образованіемъ тѣней, 2) образованіемъ изображенія выѣшнихъ предметовъ въ темной комнатѣ, имѣющей малое отверстіе.

1. Свѣтящая точка даетъ отъ непрозрачнаго предмета конусъ *полной тѣни*, на границахъ которой — рѣзкій переходъ въ полное освѣщеніе. (Та-

¹⁾ На опытѣ, при слишкомъ малыхъ экранахъ и отверстіяхъ, являются усложняющія явленія (диффракція), отъ которыхъ мы здѣсь отвлекаемся.