

А. Майкельсон

**Световые волны и их
применение**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
А11

А11 **А. Майкельсон**
Световые волны и их применение / А. Майкельсон – М.: Книга по Требованию,
2023. – 211 с.

ISBN 978-5-458-66052-5

ISBN 978-5-458-66052-5

© 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 первозданном 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.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ОТЪ РЕДАКТОРА

Редактируя этотъ переводъ, я стремился къ тому, чтобы изложеніе было по возможности удобопонятное. Для достиженія такой цѣли я добавилъ рядъ краткихъ статей, отчасти разъясняющихъ, отчасти дополняющихъ содержаніе отдѣльныхъ лекцій. Кромѣ того, я не считалъ нужнымъ съ точностью держаться текста оригинала. Вездѣ, гдѣ мнѣ это казалось цѣлесообразнымъ, я добавлялъ цѣлыя фразы или нѣсколько словъ. Такимъ образомъ, этотъ переводъ довольно существенно отличается отъ оригинала.

О. Хвольсонъ.

СОДЕРЖАНІЕ

	стр.
Лекція первая. Волновое движеніе и интерференція	1
Примѣчанія редактора къ первой лекціи	19
О дифракціи (къ лекціи II). Проф. О. Д. Хвольсона	22
Лекція вторая. Сравненіе микроскопа и телескопа съ интерфе- рометромъ	26
Объ интерференціонныхъ полосахъ (къ лекціи III). Проф. О. Д. Хвольсона	50
Лекція третья. Примѣненіе методовъ интерференціи для измѣ- ренія разстояній и угловъ	52
Примѣчанія редактора къ третьей лекціи	68
Нѣсколько словъ о спектральномъ анализѣ (къ лекціи IV). Проф. О. Д. Хвольсона	69
Лекція четвертая. Примѣненіе методовъ интерференціи къ спек- троскопіи	70
Примѣчанія редактора къ четвертой лекціи	94
Лекція пятая. Свѣтовые волны, какъ единицы длины	98
Лекція шестая. Изслѣдованіе вліянія магнетизма на свѣтовые волны при помощи интерферометра и ступеньчатой рѣшет- ки (эшелона)	120
Примѣчанія редактора къ шестой лекціи	139
Лекція седьмая. Приложенія интерференціоннаго метода къ астрономіи	141
Примѣчанія редактора къ седьмой лекціи	159
Лекція восьмая. Эѳиръ	162
Примѣчанія редактора къ восьмой лекціи	179
Современное положеніе вопроса объ эѳирѣ. Проф. О. Д. Хволь- сона	180
Другой интерференціонный способъ изслѣдованія строенія спек- тральныхъ линій. Проф. О. Д. Хвольсона	183

ЛЕКЦІЯ ПЕРВАЯ

Волновое движеніе и интерференція.

Когда естественная наука намѣревается разсказать о результатахъ своихъ работъ, ей приходится страдать вслѣдствіе того, что ея языкъ мало кому понятенъ. Поэтому она принуждена прибѣгать къ иносказательнымъ описаніямъ, и тогда почти неизбѣжными являются разнаго рода повторенія. Ученые поневолѣ должны бережливо обходиться со своими выраженіями и сокращать цѣлыя предложенія въ одно слово, цѣлыя главы — въ одно предложеніе. Съ такими словами и предложеніями ученый постепенно вполне свыкается, какъ съ синтетическимъ выраженіемъ иногда многолѣтней работы, и тогда онъ лишь съ трудомъ можетъ себѣ представить, что другимъ людямъ его мысли и представленія должны передаваться не иначе, какъ въ связи съ непрерывными и детальными разъясненіями, вслѣдствіе чего получаютъ весьма неязщныя и утомительныя повторенія. Лишь немногіе обладаютъ даромъ соединять талантъ изслѣдователя со счастливой способностью заинтересовывать другихъ предметомъ своихъ работъ. Я не смѣю надѣяться, чтобы меня причислили къ этимъ немногимъ избраннымъ; если я въ этомъ отношеніи не буду имѣть желаннаго успѣха, то я могу лишь просить о снисхожденіи ко мнѣ, но не къ избранному мною предмету. Этотъ предметъ представляется мнѣ однимъ изъ самыхъ интересныхъ, не только въ области естественныхъ наукъ, но и во всей области человѣческихъ знаній. Если бы поэтъ могъ въ то же время быть и физикомъ, то онъ былъ бы въ состояніи сообщить и другимъ то чувство радости, удовлетворенія, я бы сказалъ — уваженія, которое этотъ предметъ возбуждаетъ. Я сознаюсь, что для меня эстетическая сторона этого

предмета представляется не менѣе привлекательной, чѣмъ другія его стороны. Полное очарованіе особенно сильно чувствуется въ той части, которая трактуетъ о свѣтѣ, и я надѣюсь, что недалеко то время, когда найдется новый Рёскинъ, который сумѣетъ изобразить ту прелесть окрасокъ, тѣ чудные оттѣнки и переливы свѣта и тѣней, тѣ чудеса симметрическихъ формъ и ихъ сочетаній, которые встрѣчаются на каждомъ шагу.

Эти цвѣтовые явленія дѣйствительно производятъ на меня столь сильное впечатлѣніе, что и рѣшаюсь предсказать, въ недалекомъ будущемъ, возникновеніе аналогичнаго искусству сочетанія звуковъ — новаго искусства красокъ, которое можно будетъ назвать музыкой красокъ. Въ этомъ искусствѣ исполнитель будетъ имѣть передъ собой хроматическую шкалу въ самомъ подлинномъ смыслѣ этого слова, и онъ будетъ въ состояніи играть красками спектра въ какой угодно послѣдовательности или въ любомъ сочетаніи ихъ между собой; всѣ мыслимые оттѣнки красокъ онъ одновременно или въ какой-угодно послѣдовательности заставитъ появляться на экранѣ и по желанію будетъ вызывать самыя изящныя и нѣжныя варіаціи свѣта и красокъ или самыя страшныя и волнующіе контрасты и цвѣтовые аккорды. Мнѣ кажется, что здѣсь мы обладаемъ, по крайней мѣрѣ, такою же возможностью изображать всѣ настроенія и переживанія человѣческаго сердца, какъ и въ старинномъ искусствѣ — въ музыкѣ.

Эта прелесть формъ и красокъ, которую мы постоянно встрѣчаемъ въ различныхъ явленіяхъ преломленія, диффракціи и интерференціи, представляетъ, однако, лишь случайную придачу. Хотя она и является неизсякаемымъ источникомъ эстетическаго наслажденія, мы все же должны рѣшительно пройти мимо нея, если желаемъ понять тѣ еще болѣе великія красоты, которыхъ мы не воспринимаемъ непосредственно нашими органами чувствъ, но познаемъ разумомъ. Что можетъ быть прекраснѣе того чудеснаго способа, какимъ природа принаравливаетъ къ своимъ цѣлямъ имѣющіяся въ ея распоряженіи средства, и того непогрѣшимаго господства правильной закономерности и порядка, которыя царствуютъ даже въ явленіяхъ, кажущихся наиболѣе неправильными и запутанными? Открытіе и примѣненіе этой закономерности составляютъ цѣль естествоиспытателя. Въ успѣшномъ изслѣдованіи ихъ онъ находитъ величайшее наслажденіе и самую щедрую награду.

Я имѣю въ виду на слѣдующихъ лекціяхъ познакомить васъ, хотя бы въ общихъ чертахъ, съ рядомъ изслѣдованій, основанныхъ на примѣненіи свѣтовыхъ волнъ. Я надѣюсь, вы мнѣ простите, если для разясненія этихъ примѣненій я приведу примѣры, почти исключительно взятые изъ моихъ собственныхъ работъ. Мнѣ кажется, что легче будетъ возбудить и поддержать ваше вниманіе, рассказывая о томъ, что извѣстно мнѣ, чѣмъ повторяя то, что знаютъ другіе.

Желая рассказать объ этихъ примѣненіяхъ такъ, чтобы ихъ всѣ могли понять, я поневолѣ долженъ обратиться къ нѣкоторымъ основнымъ фактамъ, — въ особенности къ такимъ, которые имѣютъ отношеніе къ свѣту, а также къ волновому движенію вообще. Несмотря на то, что большинству изъ васъ эти факты несомнѣнно хорошо знакомы, я все же долженъ еще разъ упомянуть о нихъ и разяснить ихъ, чтобы по возможности обойти тѣ утомительныя повторенія, о которыхъ я упомянулъ вначалѣ.

Несомнѣнно, среди насъ найдутся лишь немногіе, которымъ не приходилось бы съ интересомъ наблюдать круговыя волны, возникающія при паденіи камня въ спокойную воду, — эти круги, которые, постепенно расширяясь, все болѣе и болѣе удаляются отъ центра возмущенія, пока они не исчезнутъ вдали или не разобьются о берегъ. Даже въ томъ случаѣ, если бы мы ничего не знали о первоначальномъ возмущеніи, мы, по внѣшнему виду волнъ, все же могли бы вывести заключеніе о томъ, каковъ, въ общихъ чертахъ, характеръ этого возмущенія. Мы можемъ, напримѣръ, довольно точно опредѣлить направленіе и разстояніе, на которомъ находится центръ возмущенія, проведя двѣ прямыя линіи, перпендикулярныя къ движущемуся волновому фронту; на ихъ пересѣченіи долженъ находиться искомый центръ. По величинѣ волнъ мы узнаемъ о величинѣ брошеннаго въ воду предмета. Когда волны, не переставая, равномерно ударяютъ о берегъ, то это указываетъ намъ, что и возмущающая причина дѣйствуетъ равномерно и не переставая; и если волны вполнѣ равномерны, то частота, т. е. число волнъ въ секунду, даетъ указаніе о томъ, происходитъ ли возмущеніе отъ ударовъ веселъ, отъ колесъ парохода, или отъ ударовъ крыльевъ наѣкомаго, которое барахтается въ водѣ.

Совершенно такимъ же способомъ, но, по большей части, уже безъ сознательнаго размышленія съ нашей стороны, и звуковыя

волны, достигающія нашего слуха, даютъ намъ указанія на источникъ звука. Эти указанія можно распредѣлить такъ:

- 1) направленіе (не точно);
- 2) величина (сила звука);
- 3) частота (высота звука);
- 4) форма (тембръ или оттѣнокъ звука, его характеръ).

Свѣтъ даетъ намъ вполне аналогичныя указанія, а потому весьма естественно вывести отсюда заключеніе, что свѣтъ также представляетъ частный случай волнового движенія. И мы знаемъ, что это дѣйствительно такъ. Но прежде, чѣмъ приступить къ наглядному доказательству сказаннаго, я считаю необходимымъ представить вамъ краткое описаніе главнѣйшихъ признаковъ волнового движенія.

Одинъ изъ источниковъ различныхъ затрудненій, встрѣчающихся при изученіи волнового движенія, заключается въ огромной скорости ихъ распространенія. Сравнительно довольно умѣренную скорость можно наблюдать у волнъ, которыя распространяются по спиральной пружинѣ. Если закрѣпить одинъ конецъ такой пружины къ деревянному ящику, придѣланному къ стѣнѣ зала, и взять другой конецъ въ руку, то можно замѣтить, что каждое движеніе руки послѣдовательно передается по различнымъ частямъ пружины и, наконецъ, достигаетъ ящика. Здѣсь оно отражается обратно къ рукѣ, но уже съ меньшей амплитудой (размахомъ). Далѣе, мы замѣчаемъ, что всякое поперечное движеніе, т. е. движеніе, перпендикулярное къ длинѣ пружины, независимо отъ того, происходитъ ли оно равномерно или неравномерно, вызываетъ соотвѣтствующую форму волны, которая распространяется, т. е. какъ бы бѣжитъ вдоль пружины, и притомъ всегда съ одинаковою скоростью.

Если внезапно натянуть или отпустить пружину, то вдоль нея проходитъ волна продольныхъ колебаній, которая, дойдя до ящика, производитъ звукъ. Время, необходимое для такой волны, чтобы дойти до ящика, замѣтно короче, чѣмъ время, въ продолженіе котораго пробѣгаетъ поперечная волна *).

Въ обоихъ случаяхъ слишкомъ большая скорость волны мѣшаетъ намъ удобно произвести изслѣдованіе. Чтобы познакомить ученика съ волновымъ движеніемъ, построили рядъ механическихъ

*) Этимъ примѣромъ я обязанъ профессору Кроссу (Cross).

приборовъ, подобныхъ тому, который изображенъ на рис. 1. Можно сказать, что такого рода механическія модели скорѣе подражаютъ волновому движенію, чѣмъ воспроизводятъ таковое. Онѣ представляютъ чисто кинематическія иллюстраціи, но не даютъ дѣйствительно волновыхъ движеній. Въ послѣднихъ какъ силы, такъ и сопротивленія инерціи, обуславливающія распространеніе волны, дѣйствуютъ внутри системы частичекъ, по которымъ проходитъ волна.

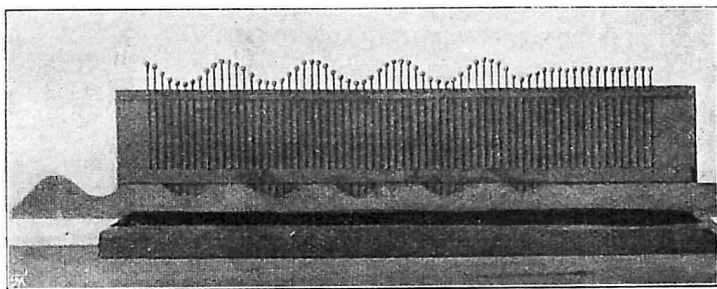


Рис. 1.

Волновая модель лорда Кельвина въ этомъ отношеніи оказывается исключеніемъ. Она состоитъ изъ вертикальной стальной проволоки, къ которой, на равныхъ разстояніяхъ одна отъ другой, прикрѣплены деревянныя палочки. Весьма важно, чтобы эти палочки не могли скользить вдоль проволоки, и всего легче этого достигнуть, укладывая проволоку въ серединѣ каждой палочки вокругъ трехъ маленькихъ гвоздей, какъ это показано на рис. 2. Ради симметріи удобно скрѣплять по двѣ палочки вмѣстѣ и протягивать между ними проволоку. Чтобы было удобнѣе слѣдить за движеніемъ концовъ палочекъ, вколачиваютъ въ нихъ большіе позолоченные обойные гвозди, — средство, благодаря которому весь опытъ принимаетъ болѣе изящный видъ. Весь приборъ изображенъ на рис. 3.

Если повернуть самую нижнюю палочку, то вызванное въ проволоку крученіе передаетъ вращеніе слѣдующей палочкѣ и т. д. Вращеніе пробѣгаетъ, такимъ образомъ, черезъ весь рядъ и распространяется тѣмъ медленнѣе, чѣмъ тоньше проволока и чѣмъ тяжелѣе палочки, такъ что, мѣняя эти факторы, можно получить любую скорость передачи.

Форма (или, какъ иногда выражаются, законъ) волнового движенія, распространяющагося въ томъ или иномъ изъ различныхъ возможныхъ случаевъ, вообще говоря, весьма сложная. Можно, однако, доказать, что всѣ эти формы, какъ бы сложны онѣ ни были, всегда могутъ быть изображены совокупностью ряда простыхъ синусоидъ такого вида, какой изображенъ на рис. 4.

Изученіе волнового движенія весьма упрощается такимъ вспомогательнымъ средствомъ. Сопоразно съ этимъ, мы въ дальнѣйшемъ будемъ предполагать, что имѣемъ дѣло съ волнами этого простѣйшаго типа, кромѣ, конечно, тѣхъ случаевъ, когда на уклоненіе отъ такого типа будетъ нами непосредственно указано.

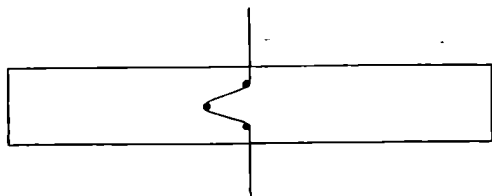


Рис. 2.

Въ дальнѣйшемъ намъ часто придется говорить о нѣкоторыхъ характерныхъ свойствахъ волнового движенія, которыя вслѣдствіе этого нуждаются въ опредѣленіи. Всего важнѣе форма волны, изображенная на рис. 4. Она представляетъ кривую, которую маятникъ съ прикрѣпленнымъ къ нему карандашемъ чертитъ на покрытой сажей стеклянной пластинкѣ, равномерно движущейся по направленію, перпендикулярному къ плоскости качанія маятника. Такъ какъ движеніе маятника называется простымъ гармоническимъ движеніемъ, то кривая названа простой гармонической кривой или синусоидой. Наибольшее удаленіе точекъ въ ту или другую сторону отъ положенія равновѣсія, т. е. отъ прямой, прове-

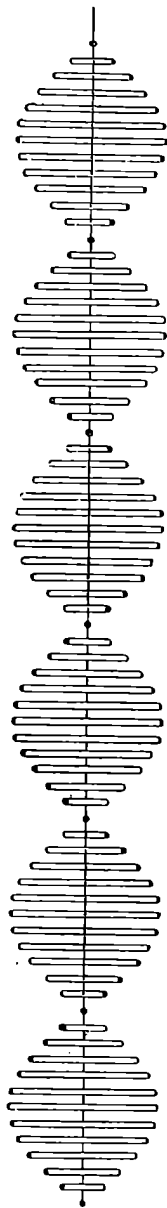


Рис. 3.

денной посреди кривой (слѣва направо на рис. 4), называется амплитудой волны или колебанія. Подъ періодомъ колебанія подразумѣвается время, въ теченіе котораго частица производитъ полное колебаніе, т. е. — возвращаясь, напримѣръ, къ маятнику — время, потребное, чтобы онъ совершилъ одно полное колебаніе (взадъ и впередъ) *). Фаза какой-либо частицы на кривой представляетъ ту



Рис. 4.

часть полного колебанія, которую уже совершила эта частица. Длиною волны называется разстояніе другъ отъ друга двухъ частицъ, находящихся въ одномъ и томъ же положеніи, или, точнѣе, при одинаковой фазѣ. Въ случаѣ, когда всѣ частицы колеблются въ одной плоскости — напримѣръ, въ плоскости рисунка, говорятъ, что волна поляризована въ нѣкоторой плоскости.

Разстояніе, пробѣгаемое въ одну секунду возвышеніемъ волны, т. е. тѣмъ ея мѣстомъ, которое находится въ наибольшемъ удаленіи отъ положенія равновѣсія, называется скоростью распространенія волны.

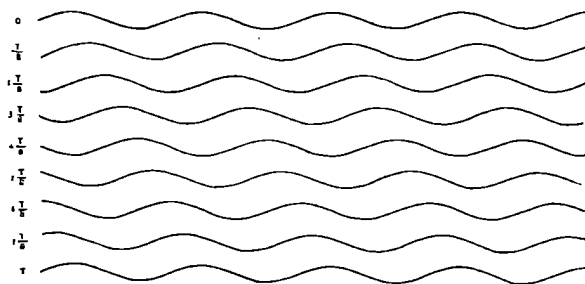


Рис. 5.

Какъ мы только-что установили, мы можемъ приблизительно осуществить показанный на рис. 4 типъ волнового движенія, передавая движенія маятника или камертона концу очень длиннаго каната. Оказывается, что черезъ нѣкоторое время каждая частица

*) Въ нѣкоторыхъ сочиненіяхъ періодомъ называется лишь половина этого времени, т. е. время, потребное для того, чтобы маятникъ прошелъ отъ крайней точки съ одной стороны до крайней точки съ другой стороны.

каната станеть колебаться, совершая такое же совершенно движеніе, какъ и маятникъ или камертонъ, которые вызвали разсматриваемое возмущеніе. Каждая отдѣльная фаза движенія обнаруживается на каждой слѣдующей частицѣ нѣсколько позже, и эта именно передача одной какой-либо фазы вдоль каната составляетъ сущность волнового движенія.

Весьма простыя разсужденія приводятъ къ выводу, что длина волны (l), періодъ колебанія (p) частицы (время полного колебанія) и скорость распространенія (v) связаны между собой простымъ равенствомъ

$$l = p.v.$$

Дѣйствительно, если бы мы могли дѣлать моментальныя фотографіи такого ряда волнъ черезъ равныя промежутки времени — на-

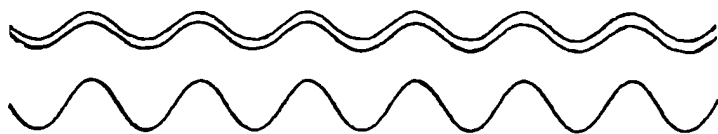


Рис. 6.

примѣръ, черезъ каждую восьмую долю періода колебанія, то мы получили бы рядъ волнъ, изображенныхъ на рис. 5. Всякому ясно, что въ продолженіе восьми восьмыхъ періода волна передвинулась ровно на одну длину волны, между тѣмъ какъ каждая отдѣльная частица одинъ разъ прошла черезъ всѣ фазы.

Прежде всего мы рассмотримъ наложеніе двухъ такихъ потоковъ волнъ одинаковаго періода и одинаковой амплитуды. Если

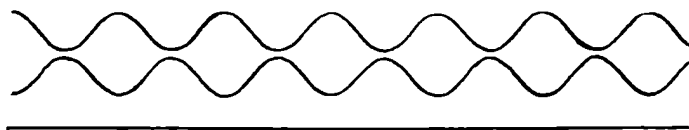


Рис. 7.

фазы обоихъ волновыхъ потоковъ одинаковы, то получившійся въ результатѣ потокъ будетъ имѣть двойную амплитуду слагаемыхъ, какъ показано на рис. 6. Если же фаза одного ряда волнъ на полпериода впереди фазы другого ряда, какъ на рис. 7, то фаза, явив-