1961 г. Июнь Т. LXXIV, вып. 2

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

СИМПОЗИУМ ПО ДИФРАКЦИИ ВОЛН

С 26 сентября по 1 октября 1960 г. в г. Одессе состоялся объединенный симпозиум по теории дифракции волн, созванный Комиссией по акустике Академии наук СССР совместно с Акустическим институтом Академии наук СССР и Одесским электротехническим институтом связи. В работе симпозиума приняло участие более 400 ученых, в том числе свыше 75 докторов наук. Было заслушано свыше 100 докладов по следующим темам: Строгие и численные решения граничных дифракционных задач, Асимптотические методы в граничных дифракционных задачх, Нестационарные задачи, Волны Рэлея, Волны в тяжелой жидкости, Волны в слоистых средах, Решетки и волнистые поверхности, Распространение волн, Регулярные периодические волноводы, Нерегулярные волноводы

Доклады на пленарных заседаниях представляли в основном либо обзоры работ, выполненных в отдельных областях дифракции, либо обобщение результатов, достигнутых в различных областях физики по смежным вопросам.

Открывая симпозиум, академик В. А. Фок отметил принципиальное значение теоретических проблем дифракции, разработка которых представляет собой одно из главных направлений развития теории ряда отраслей науки и техники, имеющих дело с волновыми движениями. Сюда относятся такие науки, как акустика, оптика, радиотехника, сейсмология, а также некоторые разделы гидродинамики, ядерной физики, теплофизики и т. д. В. А. Фок специально остановился на развитии асимптотических методов исследования, подчеркнув, что получение асимптотики представляет собой выявление нового «качества», присущего явлению дифракции. Участников симпозиума тепло приветствовали представители областных организаций, научных и учебных институтов г. Одессы.

Доложив о работах по теории дифракции отдела математической физики Физико-технического института АН СССР, Г. А. Гринберг отметил, что они являются частью более общих исследований, ведущихся в ФТИ по теории электромагнитного поля и развитию общих методов математической физики. Докладчик рассказал о развитии метода интегральных преобразований для решения различных задач дифракции. В ФТИ развиты методы решения интегро-функциональных уравнений, к которым сводятся определенные классы задач теории дифракции. Г. А. Гринберг также остановился на методе теневых токов и на его применении к вопросам дифракции волн на плоских экранах и на некоторых других развитых в ФТИ методах.

Некоторые важные проблемы электростатики и электродинамики сводятся к решению интегрального уравнения, связывающего значения плотности тока (или заряда) на поверхности полого цилиндра со значениями векторного (или скалярного) потенциала на той же поверхности. В докладе В. А. Фока были рассмотрены два метода решения такого интегрального уравнения путем преобразования его в бесконечную систему алгебраических уравнений и исследованы свойства этой системы. Для случая весьма тонких цилиндров было проведено сравнение с результатами, полученными Халленом, Леонтовичем и Левиным асимптотическими методами.

Л. А. Вайнштейн сделал обзор работ по электромагнитной дифракции и граничным задачам, выполненных в СССР в 1957—1960 гг., и охарактеризовал важные направления развития теории дифракции в ближайшие годы. Докладчик разделил задачи о дифракции электромагнитных волн на идеально проводящих телах в отношении математических методов и физических явлений на три области в зависимости от величины ka (k — волновое число в окружающем пространстве, a — характеристический размер тела): квазистатическую ($ka \gg 1$), промежуточную ($ka \sim 1$) и квазиоптическую ($ka \gg 1$) и обрисовал математические методы, применяемые в каждой из этих областей. Говоря о перспективах развития, Л. А. Вайнштейн отметил, что дальнейшее усовершенствование асимптотических методов позволит проникнуть дальше в глубь вопросов дифракции, характеризуемых соотношением $ka \gg 1$. Вместе с тем применение машинной техники для расчетов, проводимых для области $ka \sim 1$, позволит уменьшить объем теоретических исследований, необходимых для получения асимптотических формул, пригодных в области, близкой к $ka \sim 10$.

В докладе об асимптотических законах дифракции Г. Д. Малюжинец рассказал об идеях Т. Юнга и показал несостоятельность критики Френеля юнговских представлений о дифракции. Докладчиком было дано асимптотическое описание явления дифракции как процесса диффузии волновой амплитуды по фронтам распространяющихся волн, введено определение зон эффективной диффузии и зон Фраунгофера и рассмотрены различные аспекты задачи дифракции, трактуемой в лучевых (римановых) координатах. В частности, получены новые асимптотические формулы, описывающие дифракционное поле в тени за выпуклым телом и представляющие собой обобщение формул В. А. Фока, пригодное для любых расстояний от тела.

Рассматривая лучевой метод вычисления интенсивности волновых полей, А. С. Алексеев, В. М. Бабич и Б. Я. Гельчинский отметили, что если в окрестности фронта $t = \tau(x, y, z)$ при $(\mathrm{grad}\,\tau)^2 = \frac{1}{v^2}$ волновые поля описываются функцией

$$u(x, y, z, t) = A(x, y, z, t)\, F(t - \tau) + B(x, y, z, t),$$

где $A(x, y, z, t)$, $B(x, y, z, t)$ — аналитические, а $F(t - \tau)$ — неаналитическая функция в этой окрестности, то для выделения неаналитических частей волновых полей в окрестности фронтов волн можно применить разложение

$$u(x, y, z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} u_n(x, y, z)\, f_n(t - B(+\overline{\tau}(x, y, z, t),$$

где $\overline{B}(x, y, z, t)$ — аналитическая функция, $f_n'(t) = f_{n-1}(t)$, $f_0(t) = F(t)$.

Для членов ряда $u_n(x, y, z)$ в случае гиперболических уравнений можно получить систему рекуррентных дифференциальных уравнений, которая решается в квадратурах (аналогично методу ВКБ). В связи с использованием этого ряда для построения волнового поля в окрестности фронтов волн в докладе были рассмотрены задачи: 1) о формальном определении членов лучевого разложения, 2) о лучевой постановке задач на распространение волн, 3) о краевых условиях в лучевом методе, 4) о сходимости лучевых разложений в окрестности фронтов, 5) о возможности лучевых представлений поля в окрестности особых точек, 6) о применении аналога лучевых разложений в области геометрической тени.

В докладе М. Д. Хаскинда «Некоторые задачи дифракции и возбуждения волн на импедансной плоскости» был расширен класс двумерных задач о дифракции и излучении гидродинамических поверхностных волн, являющихся актуальными в проблемах гидродинамики судов на волнении, и показано, что их постановка совпадает с соответствующими акустическими и электромагнитными задачами о дифракции и возбуждении волн над импедансной плоскостью. Обобщенная формула Грина — Кирхгофа позволяет приближенно определить полное поле и выделить из него поле поверхностных волн, а также рассчитать энергетические характеристики. Метод специальной функциональной комбинации позволяет после переформировки граничных задач построить строгие решения задачи о дифракции волн на щели и ленте, ориентированных перпендикулярно к импедансной плоскости, на ленте, расположенной на импедансной плоскости, и др.

В обзорном докладе Е. Л. Фейнберга «Дифракционные проблемы физики элементарных частиц» были изложены основные свойства волновых полей, описывающих частицы различного типа. Затем были рассмотрены вопросы физики ядра и элементарных частиц, теория которых роднит их с явлениями дифракции в макроскопической электродинамике и акустике. Были специально подчеркнуты формальные связи между этими проблемами. Сюда относится оптическая модель ядра для рассеяния быстрых ядерных частиц как заряженных, так и незаряженных и т. п. С другой стороны, были рассмотрены неупругие дифракционные процессы различных типов как находящие аналогию в макроскопических процессах, так и более специфичные для физики элементарных частиц.

Л. Д. Бахрах и А. А. Пистолькорс сделали обзорный доклад «О задачах теории дифракции, актуальных в антенной технике сантиметровых волн», указав на важность решения задачи о дифракции сложного волнового фронта на малом зеркале с учетом его кривизны, о дифракции на конусе конечных размеров, об определении амплитуд и фаз токов на конусе по заданной диаграмме направленности и ряда других. Было отмечено, что при создании направленных антенн поверхностных волн важное значение имеет расчет дифракции поверхностных электромагнитных волн на импедансной неоднородности, в частности, предстоит рассчитать необходимое изменение импеданса для формирования заданной диаграммы.

Вопросы теории волн, распространяющихся в тяжелой жидкости, были обсуждены в докладе Н. Н. Моисеева.

Наиболее многочисленной была секция, на которой рассматривались строгие и численные решения граничных дифракционных задач. Г. Д. Малюжинец и А. А. Тужилин получили в замкнутом виде точное решение для электромагнитного поля, возбуждаемого электрическим диполем в клиновидной области с идеально проводящими границами. Представив решение интегралом Зоммерфельда, докладчики показали, что краевые условия приводят для скалярных компонент вектора поля к системе функциональных уравнений, которые решаются с помощью интегралов Фурье. Точное решение для поля на больших расстояниях сводится к простым асимптотическим формулам. В. Ю. Завадский рассмотрел задачу о дифракции на тонкой упругой пластинке, ограниченной свободным прямолинейным краем и расположенной на жидком однородном полупространстве, методом функциональных уравнений, разработанным Г. Д. Малюжинцем. Решение получено в форме интеграла Зоммерфельда, причем ядро интеграла взято в виде плоской волны. Окончательные результаты выражены через специальную протабулированную функцию и углы Брюстера упругой пластинки. Точное решение в виде интеграла Зоммерфельда, сводящееся также к сумме конечного числа плоских волн, было получено И. А. Викторовым при рассмотрении задачи о дифракции синусоидальной плоской волны в прямоугольном упругом клине со свободными краями для случая гипотетической упругой среды с одинаковыми скоростями распространения продольной и поперечной волн. В докладе А. М. Рогова и Е. А. Иванова ряд задач математической теории дифракции (о дифракции монохроматической плоской или сферической скалярной или векторной волны на сферах, плоской скалярной волны на эллиптических цилиндрах, волны, излучаемой диполем, на двух конгруэнтных сфероидах с общей осью вращения) были сведены к бесконечным системам линейных алгебраических уравнений для коэффициентов рядов по элементарным волновым функциям. При помощи полученных авторами теорем сложения получаются системы уравнений для элементарных функций шаровых скалярных и векторных волн и элементарных функций скалярных эллиптических и сфероидальных волн. В. И. Дмитриев получил строгое решение скалярного волнового уравнения в слоистой среде при наличии в ней вертикальной полуплоскости в виде интегрального уравнения Фредгольма первого рода с ядром, состоящим из сингулярной части, зависящей от разности аргументов, и регулярной добавки, зависящей от суммы аргументов. С помощью интегральных преобразований в комплексной плоскости это уравнение сводится к интегральному уравнению Фредгольма второго рода, решение которого получается в форме сходящегося абсолютно и равномерно ряда, получаемого методом последовательного приближения. Г. В. Поддубный рассказал о приближенном решении задачи о температурных волнах в грунте под изоляцией холодильника. Им получен ряд по произведениям типа $V_n(\xi)\overline{W}(\eta)$, где ξ, η — эллиптические координаты, а $V_n(\xi)$ — «навязанная» функция, вид которой выбирается таким образом, чтобы построенное решение давало в частном случае при отсутствии колебаний температуры воздуха точное решение стационарной задачи. Приведенные численные расчеты позволяют судить о поведении относительной амплитуды температуры в центре под холодильником в зависимости от свойств изоляции и температурного режима воздуха над свободной поверхностью грунта. И. Н. Каневским были получены подтвержденные экспериментально приближенные формулы, описывающие дифракционную структуру поля сходящегося цилиндрического фронта, применимые для случая неравномерного распределения амплитуды по фронту. Оказалось, что в фокальной области структура поля качественно такая же, как и в осесимметричных фокусирующих системах: максимумы потенциала чередуются с нулями. В направлении же в «оптической оси» (удаления от цилиндра) максимумы потенциала чередуются с минимумами, не достигающими нуля. «Об экспериментальной проверке границ применимости геометрических методов в акустике» рассказала Н. А. Бажина. С помощью геометрической теории отражения находилась дополнительная неравномерность частотной характеристики излучателя, обусловленная наличием отражающей поверхности с конечным поглощением. Найденные величины неравномерности сопоставлены с полученными экспериментально в заглушенных камерах при внесении отражающих поверхностей. Область совпадения результатов и определяет собой, по мнению докладчика, границы применимости геометрических методов для расчета звукового поля в помещениях. В. А. Боровиков рассмотрел «трехмерную задачу дифракции плоской волны на плоском экране с клинообразным вырезом». Определение волновой функции поля, удовлетворяющей краевым условиям, дифференциальному уравнению и условиям излучения на бесконечности, сведено в этой работе к решению задачи Дирихле. Автор показал возможность получения асимптотических формул в различных областях пространства и, в частности, в области геометрической тени и полутени. В последнем из докладов, посвященных строгим и численным решениям граничных дифракционных задач, сделанном Н. Н. Говоруном, обсуждались «интегральные уравнения теории антенн».

Цикл работ симпозиума был посвящен асимптотическим методам в граничных дифракционных задачах. В докладе Л. А. Вайнштейна и А. А. Федорова «О рассеянии плоских и цилиндрических волн на эллиптическом цилиндре и концепции дифракционных лучей» было дано при помощи метода разделения переменных новое строгое решение этой дифракционной задачи в виде ряда и контурного интеграла, которые при подстановке асимптотических выражений для радиальных и угловых функций эллиптического цилиндра приводят к множителям ослабления, введенным В. А. Фоком. Полученное асимптотическое решение соответствует концепции дифракционных лучей Дж. Б. Келлера и позволяет исследовать взаимное преобразование дифракционных и обычных лучей.

Сообщение А. Я. Повзнера и И. В. Сухаревского было посвящено нахождению «асимптотических разложений в некоторых задачах дифракции коротких волн» в любой области с идеально отражающей (и достаточно гладкой) границей, полностью «освещенной» из источника, методом, основанным на теореме о разрывах функций Грина смешанных нестационарных задач. В качестве производящих функций в этом методе используются члены ряда, найденного формальным интегрированием интегрального уравнения, соответствующего рассматриваемой краевой задаче. Полученные асимптотические формулы соответствуют как регулярным точкам, так и каустикам различных типов.

Точные решения ряда дифракционных задач показывают, что при дифракции плоской волны на краю полуплоскости, на ребре клина, на скачке импеданса на плоскости на больших расстояниях от линии, где свойства меняются скачком, можно выделить из выражения для полного дифрагированного поля цилиндрическую волну, которая имеет такой вид, как если бы она исходила из этой линии. Возникает вопрос: возможно ли аналогичное выделение цилиндрической волны из дифрагированного поля в том случае, если свойства тела или поверхности изменяются плавно? В этой связи Ю. П. Лысанов рассмотрел дифракцию плоской волны на неоднородной поверхности, локальный коэффициент отражения которой плавно изменяется от -1 до $+1$, причем характер неоднородной поверхности таков, что сравнительно быстрое изменение коэффициента отражения происходит лишь в пределах некоторой переходной области. Было показано, что дифрагированное поле в зоне Фраунгофера относительно области наиболее быстрого изменения коэффициента отражения состоит из зеркально отраженной плоской волны и цилиндрической волны, исходящей из линии, на которой производная коэффициента отражения имеет максимальное значение. Вблизи поверхности существует также конечное число неоднородных волн, затухающих с увеличением расстояния от линии наиболее быстрого изменения коэффициента отражения. В. И. Ивановым исследована асимптотика двумерной функции Грина внешней задачи для параболического цилиндра. Получены асимптотические формулы для поля и наводимых токов, равномерно справедливые в областях полутени и тени, а также асимптотика токов в освещенной области. Аналогичная задача решена для осесимметричного возбуждения параболоида вращения. В докладе П. Я. Уфимцева были даны формулы для расчета диаграмм «рассеяния плоских волн произвольной поляризации на тонких цилиндрических поверхностях». Рассеянное поле представлено в виде суммы полей многократной дифракции. Диаграмма рассеяния выражается через функции $\psi(z)$ для тока на проводнике, найденные Л. А. Вайнштейном методом медленно меняющихся функций. Расчет диаграммы значительно упрощается, если для функций пользоваться приближенным выражением, вытекающим из вариационного принципа. Е. Н. Майзельс и П. Я. Уфимцев исследовали «отражение электромагнитных волн круговой поляризации от металлических тел» вращения произвольной формы и показали, что из рассеянного поля можно выделить его «неравномерную» составляющую, обусловленную искривлением поверхности. Численные расчеты удовлетворительно совпали с экспериментом.

Решив задачу «о дифракции цилиндрической волны на внутренней стороне кругового цилиндра», Б. Е. Кинбер нашел, что она является удобной моделью для анализа прилипания волны к вогнутой стенке. Для $kR \gg 1$ получены асимптотические формулы для составляющих поля (многократно отраженных лучей и волны, бегущей по вогнутой стороне цилиндра). Во втором сообщении того же автора было описано «приближенное решение задачи о дифракции на параболическом зеркале конечных размеров», полученное в виде суммы членов, фазы которых удовлетворяют принципу Ферма, т. е. соответствуют экстремальным путям. Предлагаемый метод является обобщением метода Келлера и включает «лучи», исходящие от заострений тела. На основе этого метода (с точностью до членов порядка (kD^{-1})) получено решение для токов и поля зеркала с острыми кромками. П. И. Цой, применяя метод Пуанкаре, получил асимптотическую формулу для определения потенциала скоростей коротких звуковых волн в областях вне и внутри конуса.

Среди «нестационарных задач», рассмотренных на симпозиуме, наибольший интерес вызвали полученные различными авторами точные решения задач, связанных с распространением волн в различного рода неоднородных средах. В. С. Болдырев и И. А. Молотков исследовали точные решения нестационарных задач дифракции в областях геометрической тени. Авторы показали, что в окрестности первого фронта соскальзывания (первого вступления в область тени) аналитическая часть поля тождественно равна нулю. Поэтому ими подвергалась исследованию лишь неаналитическая часть поля, для которой были получены формулы, определяющие зависимость от положения точки наблюдения и от параметров, характеризующих свойства среды. И. А. Молотков рассмотрел нестационарное распространение волн в неоднородном пространстве $z>0$, в котором скорость распространения зависит лишь от координаты z, и построил точное решение этой задачи, обратив основное внимание на исследование поля в зоне тени, в окрестности фронта соскальзывания. Им было выведено точное выражение для поля в виде суммы интегралов по контурам типа Эйри, а также получены простые асимптотические формулы в окрестности фронта соскальзывания и вблизи границы полупространства.

По методам контурных интегралов и шаровых векторов, развитым Г. И. Петрашенем, В. С. Болдырев и З. Я. Янсон построили точное решение задачи о нестационарном распространении в сферическом слое волн SH, порожденных вращательным воздействием, приложенным к внешней поверхности слоя. Решение имеет вид ряда Фурье по шаровым векторам, коэффициенты которого — контурные интегралы — зависят от координаты точки наблюдения и времени. В конечном итоге волновое поле удалось представить в виде суммы слагаемых, каждое из которых характеризуется определенным частотным составом, различными фазовыми и групповыми скоростями распространения волн. Рассмотрено влияние кривизны слоя на процессы распространения интерференционных волн. Распространение поверхностей разрыва, возникающих при мгновенном приложении распределенной нагрузки (нормального и касательного напряжения) к гладкой с непрерывной кривизной замкнутой поверхности упругого тела, может быть описано с помощью лучевого метода. Однако для этого необходимо независимо от лучевого метода определить для начального момента времени меру разрывов различных порядков на фронтах продольных и поперечных волн. Эти величины нашел Н. В. Зволинский, который выразил их через дифференциальные характеристики приложенной нагрузки. Используя формулы Н. В. Зволинского для скачков, образующихся на фронтах продольной и поперечной волн, вызванных напряжениями, мгновенно приложенными к поверхности упругого тела, В. А. Афанасьев исследовал лучевым методом смещения вблизи фронтов в случае напряжений, приложенных к поверхности эллипсоидальной полости. Полученные асимптотические формулы были сравнены с точным решением в случае сферической каверны. Л. М. Флитман использовал метод Винера — Хопера для решения смешанной краевой задачи теории упругости. Задав на конечном интервале границы упругого тела, занимающего полуплоскость в некоторый момент, только нормальные напряжения и, приняв, что остальная часть границы свободна от напряжений, докладчик построил распределение нормальных напряжений на той части границы, где заданы перемещения. В результате задача свелась к интегральному уравнению первого рода с ядром, зависящим от разностей аргументов, и было получено точное решение. Рассмотренная задача аналогична задаче о дифракции упругой волны на тонкой полосе конечной ширины. Взяв в качестве источника диполь, Е. Б. Ханахбей решила в квазистационарном приближении методом осциллирующих интегралов задачу о «распространении электромагнитных импульсов в проводящей среде», безграничной и граничащей с диэлектриком, и исследовала скорость распространения амплитуд и длительность импульса на различных расстояниях, выяснив влияние подстилающего диэлектрика. Переходные процессы в акустическом поле, создаваемом плоской поршневой мембраной в жестком выпуклом экране, были рассмотрены О. Г. Козиной, выяснившей, что если мембрана имеет в плоскости экрана ось симметрии и контур ее описывается аналитической функцией, то поле в окрестности волновых фронтов описывается особыми функциями, применимыми также в некоторых случаях расположения точек наблюдения и для прямоугольных и треугольных мембран. А. А. Каспарьянц рассмотрел сходную задачу для поршня (без экрана), включающегося в некоторый промежуток времени и затем колеблющегося по гармоническому закону.

Раздел докладов, посвященных волнам Рэлея, был открыт сообщением В. М. Бабича «Волны типа Рэлея и лучевой метод». Еще в 1945 г. И. Г. Петровский показал, что если вектор смещений имеет разрыв вдоль некоторой кривой на поверхности упругого тела произвольной формы, а внутри тела сохраняет регулярность, то эта кривая перемещается вдоль поверхности, и нормальная скорость перемещения этой кривой будет равна скорости волн Рэлея. Отсюда вытекало, что в окрестности кривой разрыва в первом приближении вектор смещений должен вести себя так же, как нестационарные рэлеевские волны, рассмотренные С. Л. Соболевым. Докладчик рассмотрел следующие приближения и построил такие разрывные решения с помощью лучевого метода, считая их обобщением нестационарных волн Рэлея на случай тела произвольной формы. В. Ю. Завадский рассмотрел свойства поверхностных волн для неоднородного упругого полупространства, в котором параметры Ламэ представляют собой кусочно-гладкие дифференцируемые функции только одной координаты. Г. И. Петрашень, И. А. Молотков и П. В. Крауклис представили решение задач на распространение нестационарных волн в средах, содержащих плоскопараллельные (сферические или цилиндрические) жидкие (упругие) тонкие слои, в виде рядов или интегралов типа Фурье от контурных интегралов, содержащих одну пространственную координату и время. Учет точек разветвления и полюсов подынтегральной функции контурных интегралов удобен для изучения отраженных, преломленных и чисто интерференционных волн. Это позволило им развить теорию распространения волн в пластинах и стержнях, обобщающие распространенные приближенные методы расчета. Г. С. Подъяпольский рассказал «о поведении волны рэлеевского типа на границе раздела двух упругих сред» в случае сильного различия между их упругими постоянными при точечном импульсном источнике, расположенном в менее жесткой среде или вблизи границы в более жесткой среде. Смещение в более жесткой среде есть аналог поверхностной волны Рэлея и переходит в обычную волну Рэлея при уменьшении жесткости другой среды до нуля. Связанное с ним смещение в менее жесткой среде имеет черты, близкие к головным волнам. Существенной особенностью волны является затухание при распространении вдоль границы за счет излучения в менее жесткую среду. «О рассеянии волн на криволинейной пологой поверхности раздела двух сред» рассказал И. М. Хайкович. Задав рассеянное поле в обоих средах в виде рядов, первые члены которых суть решения задачи для плоской границы $z=0$, а остальные представляют собой некоторые «добавки», роль которых уменьшается на порядок с ростом номера члена ряда, докладчик использовал предложенный Е. Л. Фейнбергом метод возмущения граничных условий и перенес граничные условия на криволинейной поверхности на плоскую, что позволило определить там значения поля. Члены ряда определяются последовательно, так как знание низших приближений в обоих средах позволяет вычислить величины поля на плоской границе для следующего приближения. Полученное решение было проиллюстрировано численными расчетами рассеянного поля плоской волны, падающей под различными углами к синусоидальной двумерной поверхности. Ю. А. Уханов обратил внимание на то обстоятельство, что распространение изгибных колебаний в тонкой упругой пластинке приблизительно моделирует дифракционное расплывание (диффузию) амплитуды по фронту волны при проникновении звука сквозь отверстие в экране.

Два заседания симпозиума были посвящены обсуждению вопросов распространения волн в тяжелой жидкости. Используя переменные Лагранжа, Я. И. Секерж-Зенькович рассмотрел двумерные свободные конечные колебания поверхности раздела между двумя слоями идеальной несжимаемой тяжелой жидкости разной плотности, указав метод полного решения задачи в виде рядов по степеням некоторого малого параметра, без вековых слагаемых. Получив приближенное уравнение поверхности раздела и приближенное уравнение, связывающее длину волны, ее амплитуду и частоту колебаний, автор отметил основные свойства рассматриваемых нелинейных колебаний. В докладе Н. Н. Моисеева был изложен общий метод редукции к интегро-дифференциальным уравнениям задачи об установившихся волнах в слоистой завихренной жидкости. Показав, что из теории Лихтенштейна непосредственно следует разрешимость этой задачи при единственном условии отсутствия в жидкости частиц с нулевой скоростью, и выяснив условия неединственности решения, докладчик предложил схему эффективного расчета параметров волн. К. А. Бежанов рассказал «О взаимодействии ударной волны со свободной поверхностью жидкости». Им были использованы для решения плоской задачи о гравитационных волнах на поверхности несжимаемой жидкости у берега с углом наклона $\pi/2$ (n — целое число) преобразования Меллина. В сообщении С. С. Войта «О дифракции от полуплоскости волн, образуемых на поверхности бесконечно глубокой идеальной жидкости периодически действующим источником» было найдено методом Зоммерфельда решение для случая погружения в жидкость плоской полубесконечной вертикальной стенки. Найдены и исследованы асимптотические формулы, характеризующие возвышение жидкости. В. В. Мусатов сделал обзорный доклад по работам Криза, касающимся распространения волн во вращающемся бассейне при наличии твердых стенок. В сообщении Г. Д. Малюжинца и В. П. Гришухина «Решение линеаризованной задачи дифракции гравитационных волн на поверхности воды у наклонного берега методом интеграла Зоммерфельда» было показано, что рассмотренная Питерсом и Розо в 1952 г. задача о косом набегании гравитационных волн на отмель произвольного наклона с некоторыми добавлениями решается более просто методом интеграла Зоммерфельда, применявшимся ранее (1950 г.) в аналогичной акустической или электромагнитной задаче о дифракции плоской волны в клиновидной задаче с импедансной гранью. Б. Н. Румянцев получил асимптотические формулы для случая, когда начальный импульс или начальное возвышение поверхности заданы в виде дельта-функции, приложенной к точке пересечения берега со свободной поверхностью. Для случая наклона берега 45° и мелкой воды выведены общие формулы, при помощи которых можно решить задачу о движении жидкости под действием произвольного распределения давления по поверхности. В. А. Магарик изложил численный метод решения нелинейной плоской нестационарной задачи о разрушении и дифракции длинных волн на наклонном препятствии. Использовав полученное М. Д. Хаскиндом точное решение задачи о колебаниях плавающего контура на поверхности тяжелой жидкости, А. З. Салькаев вычислил гидродинамические силы, действующие на плавающий на поверхности взволнованной жидкости эллиптический цилиндр. Это позволило рассчитать бортовую качку, вертикальные и горизонтальные перемещения центра тяжести судов соответствующей формы.

С целью изучения управляемости судов на волнении необходимо знать поперечную и продольную силы и момент рыскания, действующие на судне на волнении. Д. М. Ананьев рассмотрел эти величины, обусловленные регулярными волнами малой амплитуды при неограниченной глубине фарватера, малой осадке и различных углах курса судна. Эти силы и момент разделяются на две составляющие, из которых первая определяется согласно гипотезе А. Н. Крылова, а вторая представляет собой дополнительные силы, обусловленные дифрагированным волновым движением, и определяемые при помощи разработанной М. Д. Хаскиндом гидродинамической теории качки судов. Из анализа экспериментальных данных следует, что дифракционной составляющей продольной силы можно пренебречь.

«Волны в слоистых средах» были предметом обсуждения как акустиков, так и лиц, интересующихся распространением радиоволн. Л. М. Бреховских и В. А. Елисеевниным была рассмотрена точно и в лучевом приближении задача о распространении звуковых волн в волноводе, скорость распространения звука в котором на определенном участке изменяется вдоль трассы распространения, образуя переходную зону. Найдено выражение коэффициента отражения любой нормальной волны от переходной зоны и в приближении геометрической акустики выведено уравнение луча. Найдены выражения фазовой и групповой скоростей каждой нормальной волны и зависимость этих скоростей от расстояния вдоль оси волновода. Было отмечено, что развитая теория применима для анализа распространения звуковых и электромагнитных волн в природных волноводах на большие расстояния. В задачах распространения радиоволн в неоднородных средах является весьма эффективным аппарат эталонных уравнений. В ряде случаев распространения электромагнитных волн в ионизированных неоднородных средах эталонными функциями задачи являются функции Уиттекера $W_{\lambda\mu}(z)$. В сообщении Г. И. Макарова описывалось распространение радиоволн в ионизированном слое, структура которого может быть задана некоторой произвольной гладкой функцией, определяемой из экспериментальных данных. Э. М. Гюнникен и Г. И. Макаров рассказали о новых асимптотических представлениях функций Уиттекера применительно к задачам распространения радиоволн, полученных на основе известных интегральных представлений при помощи метода наибыстрейшего спуска и использовании метода эталонного уравнения. В этих случаях удается для $|\lambda| \gg 1$ построить асимптотические формулы, единые для всей комплексной плоскости аргумента z и хорошо дополняющие друг друга. Дальнему тропосферному распространению радиоволн было посвящено сообщение Л. М. Пономаренко «Роль когерентного рассеяния при дальнем распространении ультракоротких волн».

На заседании, посвященном «решеткам и волнистым поверхностям», выступил М. И. Гуревич, рассказавший о простом выводе формул коэффициентов звукопроводности и отражения в рэлеевском приближении для нормального падения синусоидальной плоской волны. Г. Д. Малюжинец предложил метод решения различных задач дифракции на прозрачных и непрозрачных решетках (прохождения волн через решетки, дифракции на решетках ограниченного размера) при воздействии произвольных в пространстве и решетке полей с низкочастотным спектром путем выделения среднего (дальнего) поля. Выводятся краевые условия на средней плоскости решетки, позволяющие непосредственно определить это поле без необходимости рассмотрения сопутствующего ему ближнего (неоднородного) поля. Этот метод является обобщением предыдущих работ автора по вычислению звукопроводности перфорированных экранов. Им было показано, что в коэффициенты такого рода краевых условий входят выражения для присоединенных объемов, вычисленных путем решения задач об обтекании решетки заданного профиля потоком идеальной несжимаемой жидкости или определяемых экспериментально, например, с помощью гальванической аналогии. В сообщении А. Н. Сивова «Наклонное падение плоской волны на плоскую решетку из параллельных проводов» излагалось решение электродинамической задачи по определению коэффициентов отражения и прохождения при наклонном падении плоской электромагнитной волны на плоскую решетку в свободном пространстве. Период решетки предполагается малым по сравнению с длиной волны. Полученные формулы позволяют осуществить предельный переход при бесконечном сближении проводов (т. е. при переходе к гофре). Автор нашел поля как вдали от решетки, так и вблизи, и получил систему эквивалентных граничных условий для решетки. В случае, когда вектор магнитного поля ориентирован параллельно проводам, получено решение задачи с учетом диэлектрического заполнения, однородного но, вообще говоря, различного по обе стороны от решетки. Были выведены эквивалентные граничные условия для «дальнего» поля и исследовано распространение электромагнитных волн в волноводе с решетчатой стенкой. О результатах анализа дифракции плоской волны на бесконечной плоской решетке, выполненной из отдельных вибраторов, рассказали А. М. Модель и Н. В. Талызин. Такая решетка обладает резонансными свойствами, причем коэффициент отражения резко возрастает на частоте, при которой шаг решетки равен полудлине волны. «О дифракции звука на периодически неровной и неоднородной поверхности с заданной нормальной проводимостью» сообщил И. А. Урусовский. Получив точное решение задачи, докладчик нашел, что в случае падающей под достаточно малым углом скольжения плоской волны поверхность отражает так же, как совершенно мягкая. Проанализировано явление «поверхностного резонанса» (аномальное увеличение амплитуды скользящего спектра) для случая, когда последнее проявляется особенно сильно. Амплитуды всех спектров, кроме скользящих, для достаточно пологой и однородной поверхности могут быть определены достаточно точно с помощью принципа Кирхгофа. Р. Г. Баранцев решил стационарную задачу о рассеянии плоской волны на произвольно периодической поверхности и проанализировал ее решение, указав на связь полученного точного решения с приближенными. Б. Ф. Курьянов рассмотрел рассеяние звука на неровной поверхности, которая представляет собой суперпозицию мелких и крупных неровностей. Высота мелких неровностей предполагается малой по сравнению с длиной падающей волны, а крупные неровности предполагаются такими, что к ним можно применить принцип Кирхгофа. Определена флуктуация поля в зависимости от статических характеристик неровностей обоих типов в предположении, что пространственный радиус корреляции мелких неровностей много меньше радиуса корреляции крупных неровностей. В случае достаточно пологих крупных неровностей в направлениях, значительно отличающихся от зеркального, основной вклад в рассеянное поле могут давать мелкие неровности. На основе приближения Кирхгофа В. И. Аксеновым рассчитано рассеяние электромагнитных волн на двумерно периодически синусоидальных или пилообразных поверхностях с конечной проводимостью.

Вопросы «распространения волн» занимали важное место в работе симпозиума. Приняв для решения задачи обобщенные импедансные граничные условия, М. Д. Хаскинд исследовал возбуждение электромагнитных волн, образующихся от элементарных электрических и магнитных излучателей, в пустоте над однородной поглощающей анизотропной (гиротропной) средой с плоской поверхностью. В случае поперечно подмагничиваемых плазмы и феррита весьма просто оказалось найти функции ослабления и величины отражения при различных поляризациях. В другом сообщении М. Д. Хаскинда обсуждался вопрос излучения электромагнитных волн тонким гиротропным слоем. Было показано, что при поперечном подмагничивании ферритового или плазменного слоя источник всегда возбуждает поверхностные волны. Объясняется это тем, что подмагничиваемый слой как бы «подтягивает» поле электрического типа к полю магнитного типа и наоборот. Ю. К. Калинин и А. Д. Петровский показали, что переход к некоторым приближенным граничным условиям, получаемым из закона Снеллиуса, позволяет проанализировать противоречивость представления поля над границей раздела двух сред в виде скользящей плоской волны и решить некоторые дифракционные задачи при малой разнице свойств граничащих сред. Рассчитав при помощи приближенных граничных условий и интегрального уравнения Грина поле диполя над кусочно-однородной трассой, пологим склоном, береговой линией и др., Ю. К. Калинин проанализировал экспериментальные данные для диапазона длин волн от сантиметров до километров, опубликованные в печати за последние два десятилетия, и показал, что учет сферичности земной поверхности позволяет устранить имевшиеся ранее расхождения между теорией и экспериментами и объяснить некоторые из них. Сообщение В. В. Новикова касалось расчета распространения импульсных сигналов, излученных вертикальным электрическим диполем, с учетом токов смещения в земле над плоской однородной земной поверхностью. В докладе Э. М. Гюнникена, Г. И. Макарова и А. В. Мананковой рассматривалось изменение формы электромагнитного импульса в процессе распространения над поверхностью сферической земли в предположении, что источник — вертикальный электрический диполь — включается в некоторый начальный момент времени и начинает колебаться по гармоническому закону. Г. Н. Крылов получил формулы для вычисления вектора Герца и компонент электромагнитного поля вертикального электрического диполя и вертикальной антенны с синусоидальным распределением тока в пространстве над плоской однородной землей с конечной проводимостью и путем вычислений на электронно-счетной машине исследовал ряд интересных случаев. Г. Д. Малюжинец, Н. Д. Введенская и Э. Э. Шполь рассказали о полученных ими на электронно-счетной машине численных результатах решения задачи Коши для уравнения типа Шредингера $2ik\frac{\partial\varphi}{\partial x}=\frac{\partial^2 u}{dy^2}+k^2v(x, y)\,u$, дающего во многих случаях хорошее первое приближение в задачах распространения волн в неоднородной среде. В сообщении В. Н. Красильникова говорилось о том, что при низкочастотных волновых процессах в жидком полупространстве, ограниченном тонким упругим слоем, в последнем возникает почти изгибная деформация. В результате появляются поверхностные волны, обусловленные совместными колебаниями упругого слоя и прилегающей толщи жидкости (называемые в докладе не совсем удачно изгибными). Пренебрегая при расчетах массой пластины и сжимаемостью жидкости автор проанализировал поведение этих волн и сравнил их с капиллярными и гравитационными, а также нашел, что «изгибные» волны обладают более сильным затуханием, чем пространственные (что объясняется относительной малостью длины изгибной волны, вследствие чего возрастают потери на трение и на рассеяние).

Одно заседание секции волноводов было посвящено «регулярным волноводам». М. Г. Крейн и Г. Я. Любарский в своем сообщении «К теории полос пропускания периодических волноводов» рассмотрели такие периодические волноводы, в которых особую роль играют волны, обладающие свойством $\varphi(x+l, y, z)=\varphi(x, y, z)e^{ikl}$, где l—период волновода. Каждому значению k $\left(0 \leqslant k \leqslant \frac{2\pi}{e}\right)$ соответствует набор собственных частот $\omega_n(k)=\omega_n(2n-k)$ при $n=1, 2,$ и n-полосой пропускания является интервал значений, пробегаемых частотой $\omega_n(k)$ при изменении k. Авторы выяснили ряд особенностей таких волноводов. В первой полосе пропускания наименьшей является частота $\omega_1(0)$, а наибольшей — частота $\omega_1\left(\frac{\pi}{l}\right)$; абсолютная величина групповой скорости $\frac{d\omega}{dk}$ не превышает верхнего значения местной скорости $c_{\max}(x, y, z)$, откуда следует, что ширина Δ любой полосы пропускания связана со значением $c_{\max}(x, y, z)$ соотношением $\Delta\omega \leqslant \frac{\pi}{l} c_{\max}$. Первая полоса пропускания акустического цилиндрического волновода, у которого скорость распространения зависит только от осевой координаты, совпадает с первым значением ω-зоны устойчивости обыкновенного дифференциального уравнения Хилла $u''+\frac{\omega^2}{c^2(x)}u=0$. Установленные в работе положения являются аналогами ряда общих положений теории систем обыкновенных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами, из которых не все были известны. В сообщении Н. А. Кузьмина «Потенциалы и вариационный принцип уравнений электродинамики, описываемых в криволинейной неортогональной системе координат» были обсуждены свойства двух специальных потенциальных функций, аналогичных потенциалам Герца, при условии, что метрические коэффициенты пространства являются функциями двух координат, и найдены поправки к постоянным распространения поверхностных волн цилиндрического проводника с конечной проводимостью, слабо искривленного по дуге окружности. А. Я. Яшкин изложил новый метод расчета постоянной распространения и критической частоты электромагнитных волн, которые распространяются в прямых и изогнутых волноводах, имеющих сложную форму поперечного сечения, основанный на приближенном интегрировании волнового уравнения, заданного на сложной (ступенчатой) области в любой ортогональной системе координат, допускающей разделение переменных. Классический метод решения задач о распространении волн основан на преобразовании уравнений распространения и граничных условий к таким ортогональным координатам, в которых граничная поверхность определяется как координатная поверхность при постоянных значениях некоторых координат. В своем сообщении «Об одном методе анализа распространения волн» А. Ф. Осадченко описал метод определения уравнений задачи при таких граничных поверхностях, когда обычный метод неприменим.

Другое совещание секции было посвящено «нерегулярным волноводам». Метод поперечных сечений, примененный ранее к задачам о нерегулярных электродинамических волноводах, был использован Б. З. Каценеленбаумом для анализа поля в нерегулярных акустических волноводах. Согласно этому методу поле разлагается в ряды по полям волн в регулярных волноводах, и для коэффициентов этих рядов устанавливается система дифференциальных уравнений первого порядка. Для волноводов с медленно меняющимися параметрами можно, таким образом, определить амплитуды всех волн, рассеянных нерегулярным участком. Метод применим к волноводам с переменными по длине вставками, с переменным сечением и изогнутым. А. Г. Свешников и И. П. Котик рассказали об эффективных методах, использующих быстродействующие вычислительные машины, для расчета распространения волн в произвольных волноводах. А. Д. Лапин доложил «о распространении звука в волноводе, имеющем прямоугольные канавки на стенках». Используя разложения звуковых полей в волноводе и в канавке по соответственным собственным функциям, докладчик получил путем сшивания этих полей на границе волновода и канавки бесконечную систему алгебраических уравнений с постоянными коэффициентами, численно решенную редукционным методом для некоторых значений параметров волновода и канавки. Найдена оптимальная величина канавки, при которой получается наибольшее отражение звука, и частотные характеристики волновода, имеющего канавку. А. А. Ковтун и Г. И. Макаров исследовали «нестационарные процессы, возникающие при распространении импульсных сигналов в круглом волноводе» методом неполного разделения переменных, или контурного интегрирования, развитым Г. И. Петрашень, при произвольных параметрах, характеризующих электромагнитные свойства среды внутри волновода и стенок волновода. В случае, когда источник помещен в центре волновода, проводимость среды равна нулю, а проводимость стенок волновода большая, конечная или бесконечная величина, решение представляется в виде двойного интеграла от комбинации экспоненциальных и цилиндрических функций, который удается свести к бесконечному ряду по вычетам в полюсах подынтегрального выражения и интегралу по разрезу. Первые слагаемые ряда, соответствующие в стационарном случае распространяющимся волнам, описывают в основном поле вдали от источника, где они воспринимаются как отдельные импульсы, распространяющиеся с разными групповыми скоростями. Слагаемые, которые соответствуют в стационарном случае местным волнам, описывают поле в окрестности фронтов отраженных волн вблизи источника. В сообщении М. С. Лифшица и М. Ш. Флексера «Синтез передающей линии по заданному закону преобразования волн» исследовались свойства так называемой передаточной матрицы, характеризующей преобразование комплексных плоских волн при переходе через линейную пассивную неоднородность без потерь, включенную в линию. Определены условия, которым должна удовлетворять заданная матрица, чтобы быть передаточной, и показано, как она может быть реализована в виде цепочного соединения конечного или бесконечного числа некоторых простейших четырехполюсников и неоднородного отрезка линии с распределенными постоянными. С. С. Калмыкова и В. П. Шестопалов рассмотрели возбуждение E-волны в полубесконечном плазменном волноводе, возбуждаемом цилиндрическим волноводом круглого сечения с тем же радиусом, в волноводе с кожухом, возбуждаемом цилиндрическим волноводом с радиусом, равным радиусу кожуха, и возбуждаемом коаксиальным волноводом с радиусом внутренней трубы, равным радиусу кожуха. Они нашли частотные характеристики входных проводимостей для нескольких значений параметра $\left(\frac{\omega a}{c}\right)^2$, где a—радиус плазменного волновода, $\omega_0^2=\frac{4\pi Ne^2}{m}$ (N — количество электронов с зарядом e и массой m), c — скорость света в вакууме. Ю. Н. Днестровский и Д. П. Костомаров исследовали электромагнитное излучение, возникающее при пролете модулированного пучка электронов мимо плоского волновода с бесконечным фланцем. Полученная система алгебраических уравнений численно решена на электронной машине «Стрела» для широкого диапазона скоростей.

На симпозиум была представлена группа докладов, посвященных вопросам дифракции в оптических приборах. Как сообщил Л. А. Васильев после определения интенсивности и расположения дифракционных максимумов в плоскости изображения теневого прибора возможно измерять угол отклонения волнового фронта вблизи границы непрозрачного тела и перепад плотностей газового потока в плоских ударных волнах, что позволит исследовать недоступные до сих пор для теневых методов области потока. В другом сообщении Л. А. Васильева были рассмотрены «дифракционные ограничения чувствительности теневых и интерференционных приборов». Численные оценки величин ошибок, определяемых дифракционными явлениями на оправе основных объективов и диафрагме фокальной плоскости для случая измерений сдвигов или наклонов плоских волновых фронтов, показали, что экспериментально достигнутая чувствительность этих приборов далеко не использует их возможностей. Л. А. Васильев и О. М. Синеглазов выяснили также «дифракционные ограничения метода фазового контраста и пределы применимости векторной теории», показав, что обычно употребляемая векторная теория фазового контраста полностью вытекает из дифракционного расчета и что величина интенсивности света в изображении предмета может быть подсчитана по векторной теории с ошибкой не меньшей, чем 10%. Рассмотрев «сравнительные характеристики теневого метода и метода фазового контраста с точки зрения дифракционной теории», Л. А. Васильев и О. М. Синеглазов показали, что при измерении малых сдвигов волновых фронтов метод фазового контраста примерно в полтора-два раза чувствительнее теневого. Однако он принципиально непригоден для измерения больших углов отклонения света и создания количественной безэталонной методики измерения. Кроме того, технические трудности, связанные с изготовлением фазовой пластинки, существенно снижают чувствительность метода.

* * *

Симпозиум по дифракции волн позволил подытожить большую работу, проведенную за последние годы учеными СССР в направлении развития теории дифракции, имеющей большое научное и прикладное значение. Несмотря на конкретные различия рассмотренных задач, их объединила общность теоретического подхода и решений.

Симпозиум явился доказательством того, что советская теория дифракции продолжает успешно идти по плодотворному пути развития единых теоретических методов, приложимых к различным по своей физической сущности явлениям, пути, предложенному школой Мандельштама — Папалекси. Вместе с тем стало очевидным, что для дальнейшего успешного сближения дифракционных исследований в акустике, оптике, радиотехнике, теплотехнике, сейсмологии, гидродинамике и других областях науки и техники, имеющих дело с волновыми движениями, необходима организация непрерывного обмена информацией. В связи с этим становится актуальным создание журнала, посвященного вопросам дифракции, который существенно способствовал бы развитию всех вышеуказанных областей.

Следующий симпозиум по дифракции было намечено созвать в 1962 г. в г. Горьком.

Б. Д. Тартаковский

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

ИНТЕРФЕРОМЕТР МАЙКЕЛЬСОНА КАК ПРИБОР ДЛЯ ЛЕКЦИОННЫХ ДЕМОНСТРАЦИЙ

Немногие приборы сыграли в истории физики роль, сравнимую с той, какая выпала на долю интерферометра Майкельсона, поэтому ознакомление студентов с устройством и работой этого прибора существенно при чтении лекций по оптике. Мы имеем в виду, однако, не воспроизведение в аудитории классического опыта Майкельсона, а демонстрацию с помощью его прибора некоторых интерференционных явлений.

В последние годы демонстрирование интерферометра Майкельсона прочно вошло в практику лекций по оптике в Московском университете. Нам не приходилось встречать в литературе указаний на подобное использование этого прибора, поэтому мы сообщаем кратко о нашем опыте постановки с этим прибором новых лекционных демонстраций.

Мы использовали учебный интерферометр марки ИЗК-452, изготовленный нашей промышленностью для Московского университета, где он был помещен на специальную тележку, сконструированную С. И. Усагиным. Не останавливаясь на общеизвестной

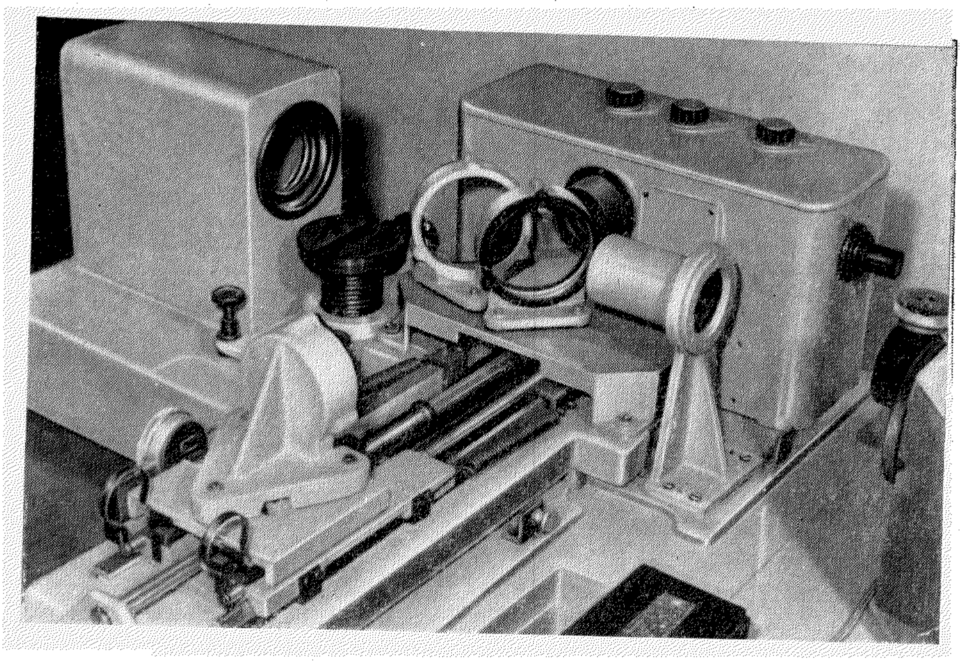

Рис. 1. Учебный интерферометр Майкельсона.

схеме прибора, укажем, что наш экземпляр имеет зеркала диаметром 70 *мм* и оптические плечи длиной 320 *мм*. Размеры прибора позволяют студентам обозревать его устройство в ходе лекции и особенно во время перерывов между лекциями, когда прибор доступен для близкого осмотра. Качество оптики интерферометра вполне удовлетворительно для демонстрационных целей, но механическая конструкция прибора, выполненная без учета специфики демонстрационной работы, потребовала ряда переделок (рис. 1).

В качестве источников света для интерферометра используются: точечная лампа накаливания мощностью 100 *вт*, натриевая спектральная лампа мощностью 18 *вт* (ДНаС18) и кадмиевая спектральная лампа мощностью 20 *вт* (ДКдС20), выпускаемые нашей промышленностью. Светосила всей системы интерферометра достаточна для использования в аудиториях вместимостью до 500 слушателей. Интерференционные явления демонстрируются в проекции на экран, расположенный на расстоянии 3—5 *м* от прибора.

Мы показываем с помощью интерферометра следующие явления:

1. Интерференционные полосы равной толщины, создающиеся в воздушном клине, образованном не строго перпендикулярными друг к другу зеркалами прибора. Варьируя, по ходу демонстрации, угол между зеркалами, легко показать зависимость ширины интерференционных полос от крутизны воздушного клина, а также зависимость расположения полос на экране от ориентации ребра этого клина в пространстве. Эти опыты выполняются с белым светом от лампы накаливания и со щелью, расположенной на входе в коллиматор прибора.

2. Путем применения интерференционных светофильтров с полосой пропускания порядка 100—300 Å и источника белого света демонстрируется зависимость числа видимых порядков интерференции от степени монохроматичности используемых световых пучков (рис. 2). В этом опыте, так же как и при последующих демонстрациях,

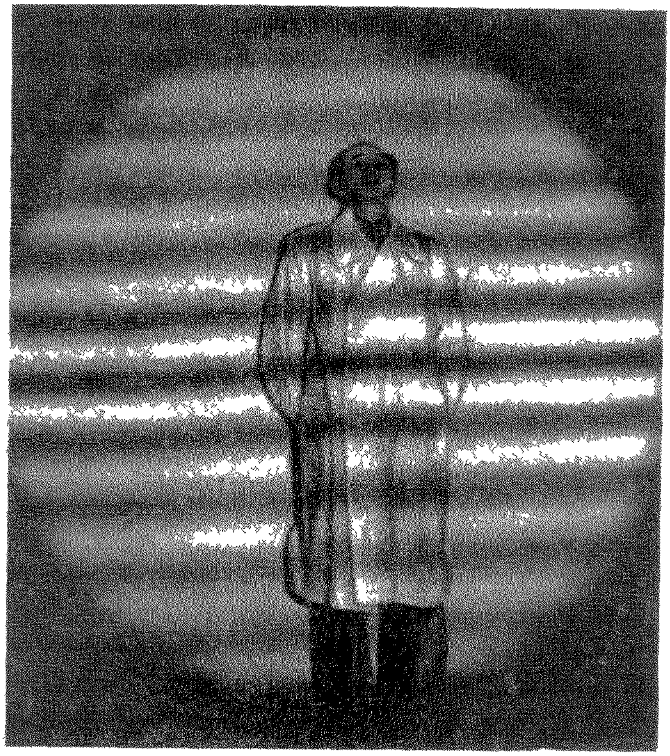

Рис. 2. Интерференционные полосы равной толщины.

параллельным перемещением одного из зеркал прибора с помощью ходового винта интерферометра можно показать зависимость видимости наблюдаемых полос от разности хода интерферирующих световых пучков.

3. С помощью натриевой лампы демонстрируются периодические понижения и повышения видимости интерференционной картины, вызванные наличием спектрального дублета в излучении этого источника света.

4. Введением в одно из плеч прибора нагретых тел, рук человека, газовых струй и т. д. показывается чувствительность интерференционной картины к небольшим изменениям оптических свойств среды и возможность измерения интерференционным методом показателя преломления среды и изучения ее оптических неоднородностей.