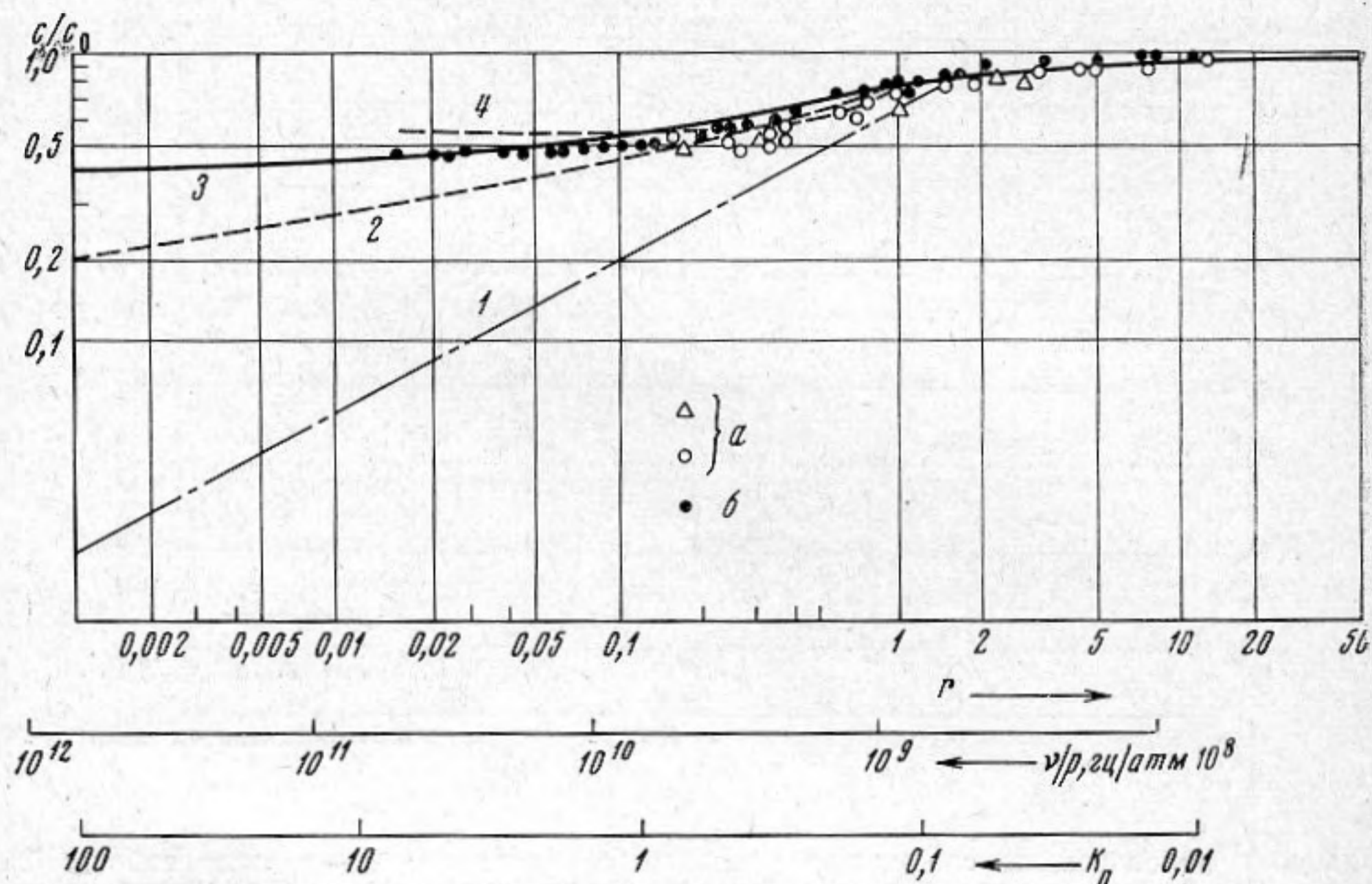


## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗООБРАЗНОГО ГЕЛИЯ ДО $5 \times 10^4$ Мгц/атм

М. Б. Митин

До настоящего времени экспериментальные исследования трансляционной дисперсии звуковых волн в газообразном гелии представлены лишь работами М. Гринсена [1, 2]. Согласно этим работам максимальное значение отношения  $\nu/p$  ( $\nu$  — частота звуковой волны,  $p$  — давление газа) по измерениям фазовой скорости распространения звуковых волн составляло  $8 \times 10^3$  Мгц/атм, а по измерениям коэффициента поглощения —  $4 \times 10^3$  Мгц/атм. Эти экспериментальные данные не охва-



Фиг. 1

тывают всей области трансляционной дисперсии звуковых волн в гелии и оставляют открытым вопрос о значениях акустических параметров в области  $Kn \geq 1$  ( $Kn$  — число Кнудсена). Кроме того, результаты исследований [1, 2] неудовлетворительно согласуются между собой в области  $0,1 \leq Kn < 1$ .

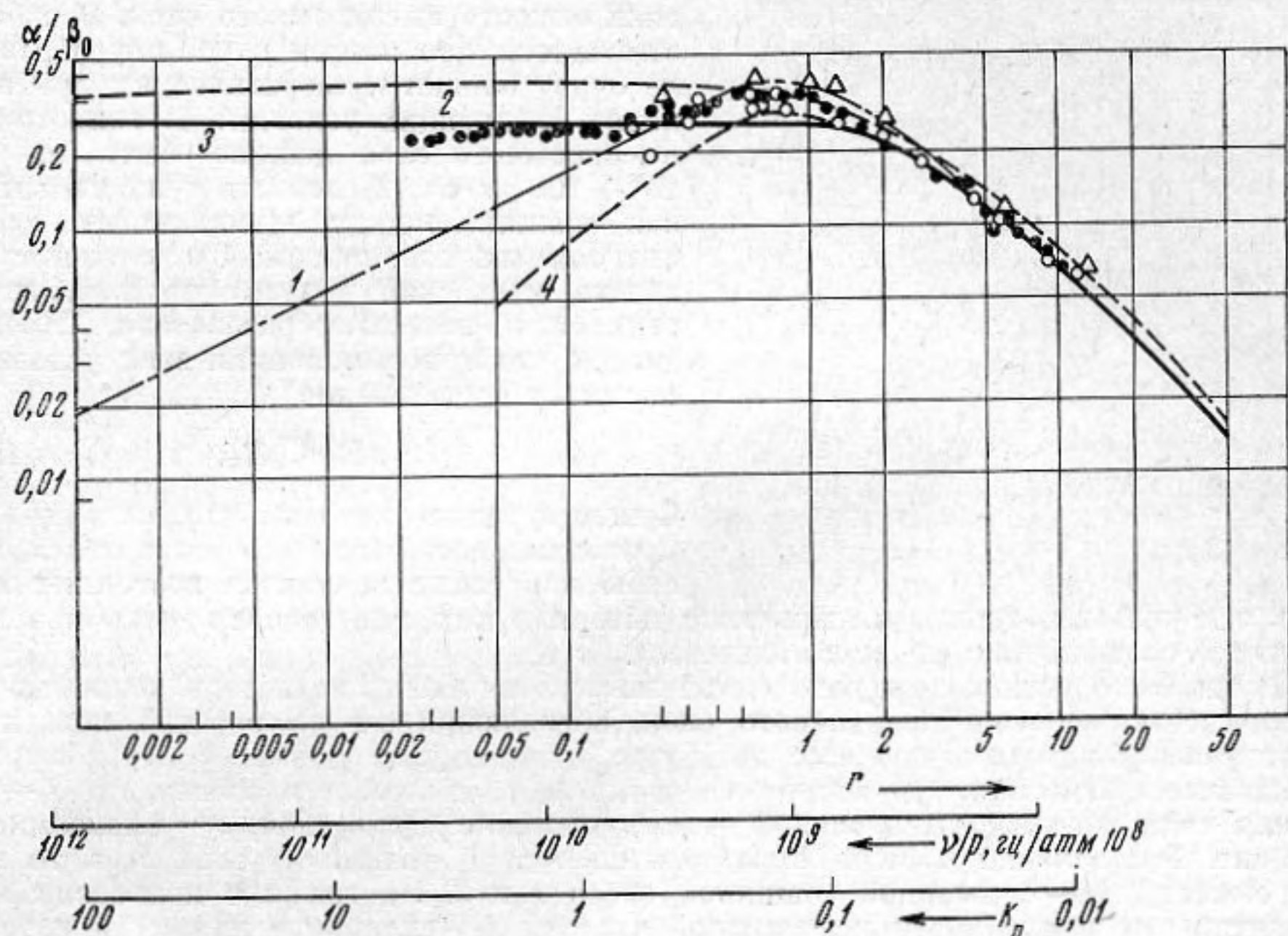
С помощью акустического интерферометра со стабилизированной параллельностью кварцев [3] нами были произведены измерения фазовой скорости распространения и коэффициента поглощения звуковых волн в газообразном гелии в области давлений  $5-8 \times 10^{-3}$  мм. Измерения проводились при температуре  $30^\circ$  и резонансной частоте излучающего кварца  $\nu_{30^\circ} = 513,500 \pm 0,020$  кгц. Температура в камере интерферометра определялась хромелькапельной термопарой с помощью лабораторного потенциометра Р-306 и гальванометра М-96 и поддерживалась с точностью до  $0,1^\circ$ . Согласно контрольному паспорту объект настоящего исследования содержал следующие количества примесных газов: азота не более 0,00014, кислорода не более 0,0001, неона не более 0,07, влаги не более 0,007%.

При измерениях фазовой скорости распространения звуковых волн в гелии была достигнута величина параметра  $\nu/p \approx 5 \times 10^4$  Мгц/атм, что соответствует  $Kn \approx 10$ ,  $r = \frac{p}{2\pi\nu\mu} = 0,0155$  ( $\mu$  — коэффициент вязкости). Предельные значения  $c_0/c = 49 \pm \pm 0,02$  ( $c$  — фазовая скорость звуковых волн при некотором давлении  $p$ ,  $c_0$  — лапласовская скорость звука). Полученные экспериментальные данные полностью охватывают область трансляционной дисперсии звуковых волн в гелии. При измерении коэффициента поглощения было достигнуто  $3 \times 10^4$  Мгц/атм  $Kn = 6$ ,  $r = 0,0258$ . Максимальное значение коэффициента поглощения  $\alpha$  наблюдается при  $r = 0,408$ , что соответствует  $\nu/p = 1940$  Мгц/атм. Предельное значение  $\alpha/\beta_0 = 0,25 \pm 0,03$ , ( $\beta_0 = = 2\pi\nu/c_0$ ). Определенная экспериментально область трансляционной дисперсии лежит в интервале  $100-10\,000$  Мгц/атм. Рассчитанная по экспериментальному разбросу ошибка при измерениях фазовой скорости распространения звуковых волн составляет в классической области  $\pm 0,5\%$ , в области предельных значений  $\pm 2,5\%$ .



Точность измерений коэффициента поглощения составляет соответственно  $\pm 10\%$  и  $\pm 5\%$ .

На фиг. 1, 2 проведено сравнение наших данных с результатами известных теоретических представлений [4, 5], основанных на приближенном решении линеаризованного уравнения Больцмана в приложении к модели газа, молекулы которого представляются твердыми сферами. На фигурах использованы следующие условные обозначения: 1 — приближение Навье — Стокса, 2 — модельное уравнение при  $N = 3$  [4], 3 — модельное уравнение при  $N = 11$  [4], 4 — моментные уравнения,  $N = 105$  [5], а — экспериментальные данные работ [1, 2], полученные на частотах 1 и 11 Мгц соответственно, б — данные настоящей работы. Из фиг. 1 и 2 видно, что наши данные перекрывают результаты работ [1, 2] и находятся в лучшем согласии с результатами исследования [2]. Для каждого модельного уравнения можно указать некоторую кри-



Фиг. 2

тическую частоту, выше которой уравнение не имеет решения в виде плоской волны. Для  $N = 3$  такая критическая частота соответствует  $r = 0,701$ , а для  $N = 11$ ,  $r = 0,270$ . На фигурах 1, 2 для  $r$ , меньших критических, проведены аналитические продолжения соответственных решений. Несмотря на то, что моментные уравнения учитывают более высокие приближения, они оказываются непригодными для описания экспериментальных данных в области  $r \leq 0,4$ . Это заставляет предполагать, что ряд [5], в который разлагается функция распределения  $F$  по собственным значениям некоторого интегрального оператора  $L(F)$  сходится лишь при  $r$ , больших некоторого определенного значения. Приближение Навье — Стокса удовлетворительно описывает эксперимент только для  $r > 1$ . Таким образом, современные теории, описывающие акустические свойства газа при высоких значениях  $\nu / p$ , оказываются непригодными для объяснения процессов, происходящих в одноатомных газах при  $r < 0,270$ . По-видимому, это объясняется тем, что механизм распространения звуковых волн в газах в области  $Kn \geq 1$  иной, чем тот, который предполагается в работах [4, 5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. M. Greenspan. Propagation of sound in rarefied helium. J. Acoust. Soc. America, 1950, 22, 5, 568—571.
2. M. Greenspan. Propagation of sound in five monatomic gases. J. Acoust. Soc. America, 1956, 28, 644—648.
3. Е. Д. Попов, В. Ф. Яковлев. Ультразвуковой интерферометр для измерения скорости распространения ультразвука в разреженных газах до 20 000 Мгц/атм. Акуст. ж., 1969, 15, 1, 138—139.
4. L. Sirovich, T. Thurber. Propagation of forced sound waves in rarefied gasdynamics. J. Acoust. Soc. America, 1965, 37, 2, 329—339.
5. T. Pekeris, L. Alterman, L. Finkelstein, K. Frankowski. Propagation of sound in a gas of rigid spheres. Phys. Fluids., 1962, 5, 12, 1608—1616.

Московский областной педагогический институт им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию  
9 октября 1970 г.