

## О РАСПРОСТРАНЕНИИ ЗВУКА В КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКЕ

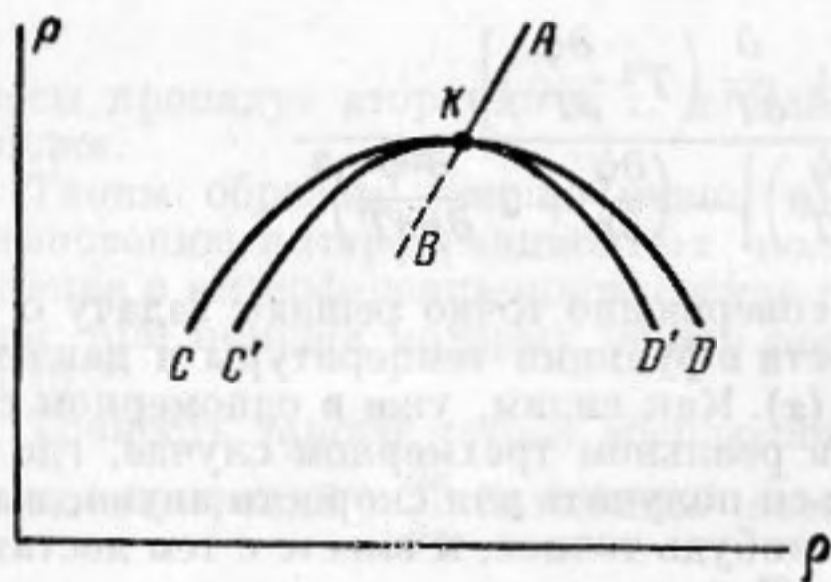
И. З. Фишер

Мы хотели бы высказать несколько замечаний в связи с изучением скорости и поглощения ультразвука вблизи критического состояния вещества. Полный анализ данного вопроса требует знания точного поведения термодинамических функций в окрестности критической точки. В настоящее время это поведение еще не ясно. Поэтому ниже мы предположим, что здесь могут встретиться особенности, не более сильные, чем это обычно принимается в термодинамике [1].

Рассмотрим критическую точку  $K$  и критическую адиабату  $AKB$  на  $p - \rho$  диаграмме (см. фигуру). Линия  $C'KD'$  отделяет область абсолютно неустойчивых состояний вещества, линия  $SKD$  есть кривая равновесия жидкость — газ.

Пусть сквозь систему, находящуюся в состоянии, отвечающем точке  $K$ , бежит плоская волна уплотнения. Состояние вещества внутри волны меняется вдоль отрезка  $KA$  адиабаты. При сделанном выше предположении нетрудно показать, что при приближении к точке  $K$  со стороны  $A$  величина производной  $(\partial p / \partial \rho)$  остается конечной и

никаких особенностей не испытывает. Следовательно, волна уплотнения в критической точке ничем существенным от такой же волны в любом другом состоянии жидкости или газа не отличается. В случае же плоской волны разрежения положение существенно меняется. Отрезок  $KB$  формально построенной адиабаты никакому реальному состоянию вещества не соответствует. В волне разрежения будет происходить распад системы на две фазы (газ и жидкость), и изменение состояния системы будет происходить вдоль линий  $KC$  и  $KD$ . Поведение волны будет существенно зависеть от ее амплитуды.



При чрезвычайно малой амплитуде волны разрежения состояние системы будет меняться вдоль касательной в точке  $K$  к линии  $SKD$ , и, следовательно,  $(\partial p / \partial \rho)_s$  и скорость волны будут равны нулю. Волна разрежения очень малой амплитуды в критической точке не может распространяться. Если поэтому попытаться возбуждать звук при помощи гармонического источника, то система в критическом состоянии будет служить «акустическим диодом»: все полуволны уплотнения будут проходить, все полуволны разрежения окажутся «срезанными».

При звуке малой, но конечной, амплитуды прохождение волн разрежения окажется возможным, но при этом их скорость будет очень малой и будет существенно отличаться от скорости волн уплотнения. Поэтому сигналы от гармонического источника побегут в виде очень сложной нелинейной волны, в которой почти с самого начала появятся разрывы. В критической точке звуковая волна имеет характер ударной волны при любой (конечной) амплитуде. При этом время формирования разрывов чрезвычайно мало — порядка одного или нескольких периодов. С этим неизбежно связано сильное поглощение звука, вызванное необратимостью процессов в ударной волне [2], во много раз превосходящее обычное поглощение звука вдали от критической точки.

Нам представляется, что высказанные здесь соображения могут объяснить факт аномально большого поглощения ультразвука в критической точке, многократно подтвержденный экспериментально [3], но оставшийся непонятным.

Предыдущие рассуждения относились строго к критической точке. Но легко видеть, что картина остается в основном такой же и при сдвиге исходного состояния системы из критической точки в любом направлении, если при этом область изменения  $p$  и  $\rho$  в волне содержит критическую точку. Кроме того, при постепенном перемещении из точки  $K$  в область, лежащую на фигуре под этой точкой, для звука конечной (хотя и малой) амплитуды следует ожидать сравнительно медленного перехода от сильно разрывной волны к волне нормальной. Аномалии скорости звука и его поглощения будут еще заметны на отрезке оси  $p$ , расположенном вниз от точки  $K$  (см. фигуру), много большей амплитуды изменения  $p$  в волне. Эта особенность, по-видимому, также соответствует экспериментальным результатам [3, 4].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. Статистическая физика, М., Гостехиздат, 1951.
2. Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. Механика сплошных сред, М., Гостехиздат, 1953.
3. В. Ф. Ноздрев и В. Д. Соболев. Исследование ультраакустических свойств этилацетата в критической области. Акуст. журн., 1956, 2, 4, 379—381.
4. В. Ф. Ноздрев. Исследование распространения ультразвуковых волн в критической области системы жидкость — пар. Акуст. журн., 1955, 1, 3, 235—248.

Белорусский государственный университет

Поступило в редакцию  
18 января 1957 г.