

булентности, распространения звука, излучения, ударных волн существенно иные, чем при течении однородных смесей.

При матем. описании многофазной сплошной среды используют законы сохранения массы, импульса и энергии для каждой из фаз и смеси в целом, записанные в интегральной или дифференц. формах, применяя при этом понятие о многоскоростном континууме с взаимопроницающим движением составляющих. Многоскоростной континуум представляет собой совокупность N континуумов, каждый из к-рых относится к своей составляющей смеси и заполняет один и тот же объём, занятый смесью. Для каждого из этих составляющих континуумов в каждом потоке определяются плотность, скорость, а также и др. параметры. Тогда в каждой точке объёма, занятого смесью, будет определено N плотностей, темп-р и скоростей. Так, при течении газа с жидкими или твёрдыми частицами группы частиц разл. размеров с разными физ. свойствами образуют многоскоростной континуум в соответствии с числом таких групп.

Для полного описания движения многофазной среды необходимы ещё термич. и калорич. ур-ния состояния, позволяющие выразить тензор напряжения и внутр. энергию через остальные параметры смеси и нек-рые физ.-хим. константы. При решении конкретных задач следует использовать также соотношения, определяющие параметры массового, силового и энергетич. взаимодействия между фазами. К числу таких соотношений относят, напр., соотношения, позволяющие определять скорость возникновения жидкой фазы при конденсации, сопротивление частиц при их обтекании, законы слияния и дробления жидких частиц, скорость кристаллизации и т. д.

М. т. имеют место в метеорологич. процессах, авиации, технол. процессах, энергетике и т. д.

Лит.: Крайко А. Н. и др., Механика многофазных сред, в кн.: Итоги науки и техники, Сер. Гидромеханика, т. 6, М., 1972. У. Г. Пирумов.

МНОГОФОТОННАЯ ИОНИЗАЦИЯ а т о м а (молекулы) — образование иона в результате поглощения в одном элементарном акте одновременно неск. фотонов. М. и. является частным случаем более общего процесса *многофотонного поглощения*, включающего ещё и многофотонное возбуждение атома, и многофотонную диссоциацию молекул. М. и. происходит при энергии фотона $\hbar\omega < V_{и}$ ($V_{и}$ — *ионизационный потенциал*), когда процесс однокотонной ионизации (фотоионизации) невозможен, но суммарная энергия поглощённых m фотонов $m\hbar\omega \geq V_{и}$. Целая часть величины $\langle \frac{V_{и}}{\hbar\omega} + 1 \rangle$ наз. степенью многофотонности (степенью нелинейности) процесса М. и. Многофотонная ионизация является одним из предельных случаев единого процесса перехода электрона из связанного состояния в атоме в свободное под действием переменного электрич. поля при $\hbar\omega < V_{и}$ (др. предельный случай — *туннельный эффект*). Переход электрона в свободное состояние при поглощении m фотонов происходит не по реальным связанным возбуждённым состояниям — уровням энергии \mathcal{E}_i в спектре атома (такие переходы невозможны ни при какой энергии фотонов ввиду агармоничности атомного спектра), а с нарушением закона сохранения энергии в соответствии с *неопределённости соотношением* $\Delta\mathcal{E}\Delta t \geq \hbar$.

Вероятность w одноврем. поглощения атомом m фотонов при М. и. связана с интенсивностью излучения I степенным соотношением $w = \alpha_m I^m = \alpha_m E^m$, т. е. резко зависит от напряжённости электрич. поля E световой волны. Т. о., М. и. — нелинейная (по интенсивности излучения) ионизация. Сечение М. и. α_m определяется свойствами конкретного ионизируемого атома (молекулы), частотой и поляризацией ионизирующего излучения. Для расчётов величин α_m используют нестационарную *возмущений теорию*. Типичный вид зависимости $\alpha_m(\omega)$ приведён на рис. 1. Резонансные мак-

симумы обусловлены реализацией промежуточных резонансов между частотой излучения (энергией фотона $\hbar\omega$) и энергией переходов из основного в возбуждённые состояния в спектре атома (молекулы). В слабом поле ионизирующего излучения резонансные частоты определяются спектром атома. В сильном поле энергии пере-

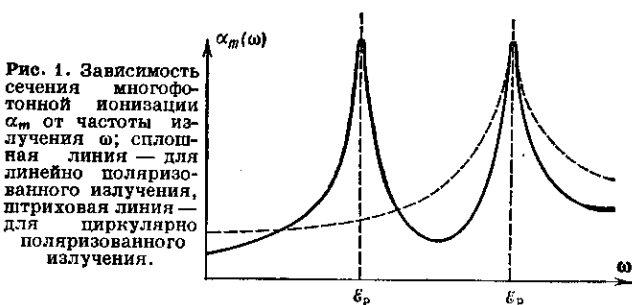


Рис. 1. Зависимость сечения многофотонной ионизации α_m от частоты излучения ω ; сплошная линия — для линейно поляризованного излучения, штриховая линия — для циркулярно поляризованного излучения.

ходов изменяются из-за динамич. поляризуемости атома (*Штарка эффект* в переменном поле). Для большинства частот излучения, когда промежуточные резонансы не возникают, процесс М. и. наз. прямым (рис. 2, справа); при наличии промежуточного резонанса с нек-рым возбуждённым состоянием \mathcal{E}_p — *резонансным* (рис. 2, слева). Вероятность прямого процесса М. и. описывается приведённым выше степенным соотношением; вероятность резонансного процесса определяется свойствами резонансного состояния.

М. и. не имеет порога по интенсивности излучения, однако для реализации достаточно большой вероятности М. и. необходима очень большая интенсивность излучения, достижимая лишь при использовании *лазеров*. Процесс М. и. большинства атомов, а также мн. молекул детально изучен экспериментально. Методом нестационарной теории возмущений выполнено

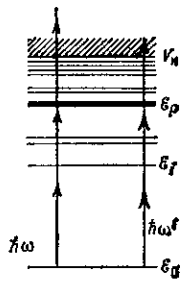


Рис. 2. Схема процесса многофотонной ионизации: справа — прямой процесс; слева — резонансный.

большое число расчётов сечений М. и. Результаты расчётов удовлетворительно согласуются с результатами экспериментов.

М. и. характерна для взаимодействия интенсивного лазерного излучения с разреженными газами; в плотных газах при давлениях от неск. торр и выше происходит лавинная ионизация (см. *Лавина электронная*).

Большая вероятность М. и. при больших интенсивностях излучения приводит к отсутствию красной границы ($\omega = U_{и}/\hbar$) при взаимодействии излучения (в частности, света) с газами, т. е. к отсутствию области прозрачности за счёт появления многофотонного поглощения излучения.

Резонансный процесс М. и. лежит в основе метода многофотонной резонансной спектроскопии, к-рый характеризуется высокой селективностью по частоте и большой эффективностью регистрации.

Процесс М. и. в твёрдых телах наз. *многофотонным фотоэффектом*.

Лит.: Делоне Н. В., Крайнов В. П., Атом в сильном световом поле, 2 изд., М., 1984; Рапопорт Л. П., Зон Б. А., Мананков Н. Л., Теория многофотонных процессов в атомах, М., 1978; Делоне Н. В., Взаимодействие лазерного излучения с веществом, М., 1989. Н. В. Делоне.

МНОГОФОТОННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ — процесс взаимодействия эл.-магн. излучения с веществом, при к-ром в одном элементарном акте поглощается несколько (m) фотонов; в среде при этом совершается многофотонный (m -фотонный) квантовый переход из нач. состояния $|1\rangle$ с энергией \mathcal{E}_1 в состояние $|2\rangle$ с энергией \mathcal{E}_2 (рис. 1). Проявляется М. п. в ослаблении падающих