

кратном повторении сообщений, неэффективен, т. к. требует больших затрат времени на передачу. Большую эффективность обеспечивает применение кодов, позволяющих обнаруживать и исправлять ошибки передачи. Помехоустойчивость кодирования при этом обеспечивается спец. введением избыточности, т. е. введением в сообщение добавочных символов, к-рые используются для обнаружения и исправления ошибок в принятом сообщении. К числу кодов, обнаруживающих и исправляющих ошибки, относятся коды Хэмминга (см. *Кодирование информации*).

*Лит.*: 1) Шеннон К., Работы по теории информации и кибернетике, пер. с англ., М., 1963; 2) Хартли Р., Передача информации, [пер. с англ.], в сб.: Теория информации и ее приложения, М., 1959; 3) Стратонович Р. Л., Теория информации, М., 1975; 4) Поплавский Р. П., Термодинамика информационных процессов, М., 1981; 5) Николис Д. С., Динамика иерархических систем, пер. с англ., М., 1989. В. И. Капалин.

**«ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ» ВСЕЛЕННОЙ** — гипотеза, выдвинутая Р. Клаузиусом (R. Clausius, 1865) как экстраполяция *второго начала термодинамики* на всю Вселенную. Согласно Клаузиусу, «энергия мира постоянно, энтропия мира стремится к максимуму». Т. е. Вселенная должна прийти в состояние полного *равновесия термодинамического* (состояние «тепловой смерти»). Однако экстраполяция второго начала термодинамики, установленного в лаб. условиях, на всю Вселенную необоснованна. *Вселенная* не является обычной замкнутой изолированной системой, для к-рой формулируются законы термодинамики.

Для рассмотрения эволюции Вселенной (в частности, тепловой) необходимо учесть переменное гравитац. поле (см. *Космология*). А. А. Фридман доказал, что Вселенная, заполненная тяготеющим веществом, не может быть стационарной, а должна расширяться или сжиматься. В этом случае из возрастания энтропии не следует стремления системы к термодинамич. равновесию и парадокс «Т. с.» В. не возникает (см. также *Энтропия Вселенной*).

*Лит.*: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 7 изд., М., 1988; Толмен Р., Относительность, термодинамика и космология, пер. с англ., М., 1974, гл. 10; Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., Строение и эволюция Вселенной, М., 1975; Вейнберг С., Гравитация и космология, пер. с англ., М., 1975. Д. Н. Зубарев.

**ТЕПЛОВАЯ ФУНКЦИЯ** (тепловая функция Гиббса) — то же, что *энтропия*.

**ТЕПЛОВИДЕНИЕ** — получение видимого изображения тел по их тепловому (ИК-) излучению, собственному или рассеянному; используется для определения формы и местоположения слабонагретых и замаскированных объектов, в т. ч. находящихся в темноте или в оптически непрозрачных средах. В последнем случае в среде создается искусств. тепловой поток, равномерность к-рого нарушается скрытым от глаз объектом (дефектом среды), что проявляется в виде перепадов темп-ры на внеш. поверхности среды. Последнее открывает широкие возможности для неразрушающих методов контроля. Особенность наблюдения в дальней ИК-области спектра состоит в отсутствии излучающего фона — все окружающие тела имеют собственное *тепловое излучение*, сравнимое по плотности испускаемых ими фотонов (при комнатной темп-ре и длине волны излучения  $\lambda = 10$  мкм) с солнечным светом на длине волны 0,5 мкм (примерно  $10^{18}$  фотон/см<sup>2</sup>·с). Если бы человеческий глаз был чувствителен к длинноволновому ИК-излучению, он был бы ослеплен излучением окружающих тел. Кроме того, было бы невозможно наблюдать радianт. контрасты, поскольку даже разность темп-р в 0,2 °С создаёт (при  $\lambda = 10$  мкм) контраст  $\sim 0,3\%$ , а минимально наблюдаемый глазом контраст составляет 1—2%. Поэтому разрабатываются спец. приборы — тепловизоры (или термографы), воспроизводящие на экране и регистрирующие не абсолютные значения энергетич. яркости нагретого тела, а лишь изменения яркости относительно ср. уровня. Это позволяет достичь высокого контраста в изображении при весьма малых различиях в темп-ре (до 0,01—0,001 °С) между деталями объекта наблюдения либо между объектом и фоном.

В совр. тепловизорах используются высокочувствит. приёмники ИК-излучения (см. *Приёмники оптического излучения*), преобразующие его в электрич. сигнал, к-рый усиливается, обрабатывается и воспроизводится на экране индикатора. Обычно это охлаждаемые фотозлектрич. приёмники, однако как перспективная альтернатива рассматривается возможность использования неохлаждаемых матриц, построенных на пироэлектрич. приёмниках или микроболометрах. *Пироэлектрики* являются также основой для создания пировидиконов — телевиз. трубок с мишенью, чувствительной к ИК-лучам.

Непосредств. наблюдение ИК-излучения слабонагретых объектов без преобразования его в электрич. сигнал может осуществляться сенсibilизир. фотографич. эмульсиями (для темп-р объекта не ниже 150 °С) либо (для более низких темп-р) с помощью *эваторографии* или температурочувствит. *жидких кристаллов*.

Интенсивность теплового излучения тела, достигающего приёмника излучения, определяется не только темп-рой тела и его излучат. способностью, но и ослаблением, вносимым атмосферой. «Окна» прозрачности атмосферы в ИК-области спектра находятся в диапазонах 3,5—5,5 мкм и 7,5—12 мкм, поэтому в этих диапазонах обычно и работают совр. тепловизоры.

Т. применяется в восной технике для наблюдения, разведки и прицеливания; в медицине для диагностики разл. заболеваний, в навигации, геологии и ледовой разведке, экологии, дефектоскопии, при науч.-техн. исследованиях тепловых процессов и т. д.

*Лит.*: Левитин И. Б., Инфракрасная техника, Л., 1973; Мирошников М. М., Теоретические основы оптико-электронных приборов, Л., 1977; Ллойд Дж., Системы тепловидения, пер. с англ., М., 1978; Криксунов Л. З., Падалко Г. А., Тепловизоры, Справочник, К., 1987; Госсорг Ж., Инфракрасная термография, пер. с франц., М., 1988. М. М. Мирошников.

**ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ** (температурное излучение) — эл.-магн. излучение, испускаемое веществом и возникающее за счёт его внутр. энергии (в отличие, напр., от люминесценции, к-рая возбуждается внеш. источниками энергии). Т. и имеет *сплошной спектр*, положение максимума к-рого зависит от темп-ры вещества. С её повышением возрастает общая энергия испускаемого Т. и., а максимум перемещается в область малых длин волн. Т. и испускает, напр., поверхность накаливаемого металла, земная атмосфера и т. д.

Т. и. возникает в условиях детального равновесия в веществе (см. *Детального равновесия принцип*) для всех безызлучат. процессов, т. е. для разл. типов столкновений частиц в газах и плазме, для обмена энергиями электронного и колебат. движений в твёрдых телах и т. д. Равновесное состояние вещества в каждой точке пространства — состояние локального термодинамич. равновесия (ЛТР) — при этом характеризуется значением темп-ры, от к-рой зависит Т. и. в данной точке.

В общем случае системы тел, для к-рой осуществляется лишь ЛТР и разл. точки к-рой имеют разл. темп-ры, Т. и. не находится в термодинамич. равновесии с веществом. Более горячие тела испускают больше, чем поглощают, а более холодные — соответственно наоборот. Происходит перенос излучения от более горячих тел к более холодным. Для поддержания стационарного состояния, при к-ром сохраняются распределение темп-ры в системе, необходимо восполнять потерю тепловой энергии излучающим более горячим телом и отводить её от более холодного тела.

При полном термодинамич. равновесии все части системы тел имеют одну темп-ру и энергия Т. и., испускаемого каждым телом, компенсируется энергией поглощаемого этим телом Т. и. других тел. В этом случае детальное равновесие имеет место и для излучат. переходов. Т. и. находится в термодинамич. равновесии с веществом и, *в зависимости от равновесия* (равновесным является Т. и. абсолютно чёрного тела). Спектр равновесного излучения не зависит от природы вещества и определяется *Планком законом излучения*.