

ванни второго начала термодинамики для тепловых машин наибольший КПД (отношение работы W_n , совершаемой за один цикл, к кол-ву подведённой к ней за этот цикл теплоты Q) зависит только от темп-ры нагревателя T_1 и холодильника T_2 и равен $\eta = W_n/Q = (T_1 - T_2)/T_1$ (Карно теорема). Для электрич. двигателей КПД равен отношению полезной механич. работы к электрич. энергии, получаемой от источника; в электрич. трансформаторах КПД — отношение эл.-магн. энергии, получаемой во вторичной обмотке, к энергии, потребляемой в первичной обмотке. Понятие КПД имеет общий характер и применимо к разл. системам: электрич. генераторам, двигателям разного рода, полупроводниковым приборам, биол. объектам, поэтому оно может служить для сравнительной оценки эффективности разнообразных процессов.

Д. Н. Зубарев.

КРАБОВИДНАЯ ТУМАННОСТЬ — остаток вспышки сверхновой звезды, вспыхнувшей в нашей Галактике и наблюдавшейся в 1054. Название туманности связано с её формой, напоминающей клешню краба (рис. 1, слева). В оптич. диапазоне угл. размеры К. т. $\approx 5' \times 7'$. Расстояние до К. т. $\approx 1,7$ кпк. Полная мощность излучения (боллометрич. светимость) $\approx 1 \cdot 2 \cdot 10^{38}$ эрг/с.

Оптич. излучение К. т. характеризуется необычайно мощным непрерывным степенным спектром, на к-рый налагаются эмиссионные линии, а линии поглощения отсутствуют. Интенсивность непрерывного спектра во много раз превосходит суммарную интенсивность эмиссионных линий, что существенно отличает К. т. от др. газовых туманностей. Спектральные линии излучаются системой тонких волокон, в то время как непрерывный спектр формируется во всём объёме. К. т. состоит из ажурной волокнистой структуры (рис. 1, слева) и «аморфной массы», излучающей непрерывный спектр. Аморфная масса представляет собой множество очень тонких нитей, к-рые заметно (за ~ 10 лет) изменяют свою очертация и интенсивность излучения. В оптич. диапазоне излучение волокон К. т. сосредоточено гл. обр. в эмиссионных линиях Н, He, N, O, Ne, S и Fe, а в УФ-диапазоне — и в линиях С. Относит. содержание этих

ски совпадает с контурами оптич. изображения. Радиоизлучение образуется во всём объёме туманности, причём его интенсивность увеличивается по мере приближения к её центру. В рентг. диапазоне излучение исходит из центр. области с угл. диаметром $\sim 1'$. Наблюдаемый спектр непрерывного излучения К. т. представлен на рис. 2. Ок. 65% полной мощности излучения приходится на спектральный интервал от видимого до рентг. излучения. Излучение в радиодиапазоне, а также в оптич. и рентг. диапазонах обладает сильной линейной поляризацией. Нетепловой характер спектра и наличие линейной поляризации указывают на синхротронную природу излучения К. т.

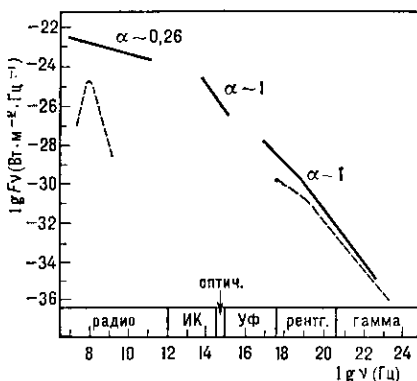


Рис. 2. Спектр Крабовидной туманности (спектр суммарного излучения собственно туманности и содержащегося в ней пульсара) в диапазоне от 10^7 до 10^{24} Гц (α — спектральный индекс). Штриховая линия — спектр пульсара.

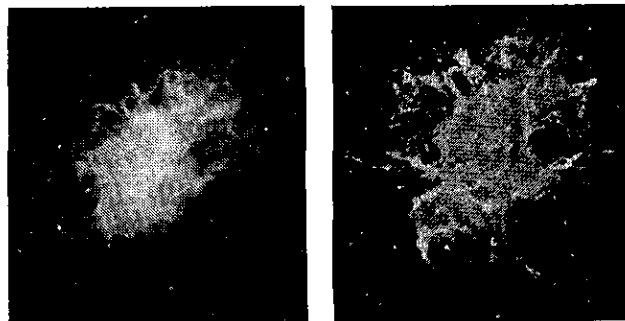


Рис. 1. Фотография Крабовидной туманности: в интервале длин волн 0,63–0,67 мкм (слева), в запрещённой линии азота NII и линии водорода H α (справа).

элементов близко к солнечному, исключением является He, содержание к-рого в неск. раз превышает содержание Н. Темп-ра ионизованного газа волокон 11 000–18 300 К, концентрация электронов от 550 до 3500 см $^{-3}$. Полная масса всей системы волокон 0,5–2 M_{\odot} . Система волокон в целом расширяется, и, как показывают доплеровские смещения эмиссионных линий, скорость расширения лежит в пределах 700–1500 км/с. Анализ собственных движений отд. волокон приводит к неожиданному результату: это расширение происходит не с замедлением, а с ускорением $\approx 0,0012$ см/с 2 . Для поддержания этого ускорения необходима мощность $\approx 4 \cdot 10^{38}$ эрг/с.

В радиодиапазоне угл. размеры К. т. такие же, как в оптическом, и граница радиоизображения практиче-

ски совпадает с контурами оптич. изображения. Радиоизлучение образуется во всём объёме туманности, причём его интенсивность увеличивается по мере приближения к её центру. В рентг. диапазоне излучение исходит из центр. области с угл. диаметром $\sim 1'$. Наблюдаемый спектр непрерывного излучения К. т. представлен на рис. 2. Ок. 65% полной мощности излучения приходится на спектральный интервал от видимого до рентг. излучения. Излучение в радиодиапазоне, а также в оптич. и рентг. диапазонах обладает сильной линейной поляризацией. Нетепловой характер спектра и наличие линейной поляризации указывают на синхротронную природу излучения К. т.

Излучение К. т. генерируется синхротронным механизмом не только в радиодиапазоне, но и в оптич., рентг. и, возможно, гамма-диапазонах. Синхротронное излучение возникает при движении ультрарелятивистских электронов в магн. поле туманности, напряжённость к-рого $5 \cdot 10^{-4}$ – 10^{-3} Э. Это магн. поле, как показывает характер распределения поляризации по туманности, обладает регулярной крупномасштабной структурой. Полная масса релятивистских частиц, движущихся вдоль линий магн. поля и проявляющих себя в оптич. диапазоне как нити аморфной массы, равна $\sim 10^{-6} M_{\odot}$. Единный энергетич. спектр релятивистских электронов порождает и единый синхротронный спектр туманности. Радиоизлучение генерируется электронами с энергией 10^8 – 10^9 эВ; характерное время жизни таких электронов, обусловленное потерями на излучение, исчисляется тысячами лет. В оптич. и рентг. диапазонах излучают электроны с энергиями соответственно $\sim 10^{11}$ – 10^{12} эВ и $\sim 10^{15}$ эВ и характерными временами жизни ≈ 80 лет и ≈ 70 сут. Очевидно, для создания наблюдаемого спектра излучения К. т. необходима непрерывная инжекция релятивистских электронов в туманность.

Лишь с обнаружением пульсара в К. т. стала ясна полная картина физ. процессов в ней. Пульсар в К. т. — это звёздный остаток вспышки Сверхновой 1054. Полная мощность эл.-магн. излучения пульсара $\sim 10^{36}$ эрг/с. Пульсар — быстро вращающаяся нейтронная звезда с сильным магн. полем — способен генерировать ультрарелятивистские частицы и поставлять их в туманность. Наблюдаемое увеличение периода пульсара $\approx 0,04\%$ в год соответствует скорости потери кинетич. энергии вращения нейтронной звезды $\approx 5 \cdot 10^{38}$ эрг/с. Этого вполне достаточно для объяснения как боллометрич. светимости К. т., так и ускоренного расширения системы волокон. Т. о., энергетич. баланс К. т. полностью обеспечивается за счёт кинетич. энергии вращения нейтронной звезды.

К. т. является типичным представителем остатков вспышек сверхновых звёзд, получивших назв. плерионов.