

Первыми зафиксировали в хрониках появление К. китайские астрономы (2296 до н. э.). В кон. 16 в. Тихо Браге (Т. Brahe) и его учениками было доказано, что К. являются самостоятельными космич. телами. На принадлежность К. к Солнечной системе впервые указано в работах Э. Галлея (Е. Halley) в кон. 17—1-й пол. 18 вв. Он вычислил орбиты нек-рых К. и предположил, что К., наблюдавшиеся в 1531, 1607 и 1682, были повторными возвращениями одного и того же объекта (впоследствии эта К. названа его именем). В кон. 19 в. Ф. А. Бредихиним [на основе формул Ф. В. Бесселя (F. W. Bessel)] была развита и усовершенствована т. п. механич. теория кометных хвостов. Совр. этап изучения К. характеризуется применением радиоастр., ИК-, внеатмосферных УФ-наблюдений, а также запусками космич. аппаратов к К. (Джаккобини — Циннера, Галлея).

Ядра К. представляют собой глыбы неправильной формы с размерами от 10 м до  $\approx 30$  км, состоящие из загрязнённого льда  $H_2O$ . Лёд содержит летучие примеси: ацетонитрид  $CH_3CN$ , синильную кислоту  $HCN$ , сероуглерод  $CS$  и др., преим. органич. вещества. Существование в ядрах очень летучих  $N_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$  и т. п. маловероятно. Кроме льдов присутствует минеральный компонент — окислы кремния и металлов, а также углистые вкрапления. Размеры частиц — от субмикронных (таких частиц большинство) до  $\sim 10$  см.

С приближением к Солнцу летучие вещества и  $H_2O$  сублимируют, унося в атмосферу наиб. лёгкие пылинки. Для каждого гелиоцентрич. расстояния  $r$  существует значение радиуса ( $a$ ) частицы  $a_k(r)$  такое, что при  $a > a_k(r)$  частица не уносится потоком сублимата, а оседает на поверхности ядра. Поэтому в процессе орбитального движения происходит периодич. загрязнение поверхности ядра, наибольшее вблизи афелия. Ядра К., у к-рых нек-рые частицы не уносятся даже в перигелии, подвергаются вековому загрязнению, приводящему к вековому ослаблению блеска.

Темп-ры кометных ядер зависят от  $r$ , состояния вращения ядра (периоды осевого вращения ядер от неск. часов до неск. суток), положения на поверхности ядра. Для каждого  $r$  можно указать три характерные темп-ры в подсолнечной точке (т. е. там, где лучи Солнца падают по нормали к поверхности): темп-ру облажённого льда, внеш. поверхности минерального слоя и льда под ним. Напр., для  $r=0,88$  а. е. расчёт даёт соответственно 196, 422 и 200 К, что довольно близко к результатам космич. эксперимента «Вега» (1986). Отражательная способность загрязнённых участков весьма мала, следовательно, загрязнённые ядра черны.

Атмосферы К. состоят из нейтрального газа, плазмы и пыли. Плотность кометной атмосферы зависит от  $r$  и расстояния от ядра  $R$ . Атмосферы нестационарны и резко неоднородны. Типичное значение концентрации молекул (гл. обр.  $H_2O$ ) у ледяной поверхности при  $r=1$  а. е. порядка  $10^{13}$  см $^{-3}$  и убывает с удалением от ядра по закону  $R^{-2}$  или быстрее. В радиусе неск. тыс. км происходит распад вышеназванных родительских молекул с образованием наблюдаемых радикалов  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $CN$ ,  $NH_2$ ,  $NH$ ,  $OH$ ,  $CH$ ,  $S_2$ , а также ионов  $CO^+$ ,  $CO_2^+$ ,  $CH^+$ ,  $N_2^+$  и  $OH^+$ . Продукты распада затем, в свою очередь, распадаются (прибл. за сутки) на отд. атомы и перестают излучать в видимом диапазоне (кроме атома кислорода).

Наибольшей протяжённостью ( $\sim 10^9$  км) обладает ненаблюдаемая в видимом диапазоне водородная атмосфера, излучающая в основном в линии водорода  $L_\alpha$  (1216 Å). Видимая плотная часть атмосферы — голова К. ( $\sim 10^5$  км) — светится гл. обр. в полосах молекул  $C_2$  и  $CN$ , интенсивность остальных эмиссий меньше. На экстремально малых  $r$  появляются эмиссионные линии металлов (раньше всего натрия).

Из перечисленных выше ионов наиб. устойчивы  $CO^+$  и  $N_2^+$ . Взаимодействуя с солнечным ветром и его магн. полем, они ускоряются до скоростей порядка  $10-10^2$  км/с, образуя узкий и длинный плазменный хвост, в к-ром имеют место мн. виды плазменных неустойчивостей.

В околоядерных областях К. наблюдаются нестационарные пылевые выбросы и др. образования. Под действием давления света пыль уносится в сторону, противоположную Солнцу, формируя изогнутый пылевой хвост (лёгкие пылинки сильнее ускоряются и меньше отстают от движения К.). К. сильно отличаются пылесодержанием, поэтому пылевые хвосты наблюдались не у всех К.

Орбиты К. Большинство К. движется по орбитам, близким к параболическим, однако существуют и периодич. К., общее свойство к-рых — группировка афелиев в районах орбит планет-гигантов, т. е. разделение К. на семейство Юпитера, Сатурна и т. д. Орбиты К. эволюционируют под действием гравитац. полей планет и негравитац. сил (вызванных реактивным действием сублимата).

Происхождение К. Проблема не решена. Наиб. правдоподобны три гипотезы. Первая [Г. В. Ольберс (H. W. Olbers), А. Дж. У. Камерон (A. G. W. Cameron)] рассматривает ядра К. как планетезимали, образовавшиеся на расстояниях 70—150 а. е. в эпоху формирования планетной системы из первичной туманности (см. Солнечная система). Для трансформации кометных орбит, согласно этой гипотезе, требуется трансплутонная планета в зоне обращения К. Вторая гипотеза [Ж. Л. Лагранж (J. L. Lagrange), С. К. Всехсвятский] предполагает вулканич. выброс кометных ядер из спутников планет-гигантов. Третья [П. С. Лаплас (P. S. Laplace), Я. Х. Оорт (J. H. Oort)] предполагает захват К. планетами-гигантами после того, как кометные ядра попадают внутрь Солнечной системы из гипотетич. облака К. (облако Оорта), находящегося на расстоянии  $\sim 10^5$  а. е. от Солнца. Это облако могло быть образовано гравитац. выбросами ледяных тел из области планет-гигантов во время их формирования.

Лит.: Добровольский О. В., Кометы, М., 1966; Шильман Л. М., Динамика кометных атмосфер, К., 1972; «Письма в Астрономич. журнал», 1986, т. 16, № 8—9; «Nature», 1986, v. 321, № 6067, p. 259. Л. М. Шильман.

**КОММУТАТОР** — операция в линейном пространстве, ставящая в соответствие любым двум элементам  $a$  и  $b$  третий элемент  $[a, b]$ , со свойствами: 1)  $[a + \beta b, c] = \alpha[a, c] + \beta[b, c]$  (линейность); 2)  $[a, b] + [b, a] = 0$  (антисимметричность); 3)  $[a, [b, c]] + [b, [c, a]] + [c, [a, b]] = 0$  (тождество Якоби), где  $\alpha, \beta$  — нек-рые числа. К. в алгебре наз. также произведением Ли. В ассоциативной алгебре К. задаётся выражением  $[a, b] = ab - ba$ . Если  $[a, b] = 0$ , то элементы  $a$  и  $b$  наз. коммутирующими.

К. элементов  $x, y$  группы  $G$  — её элемент  $[x, y] = xyx^{-1}y^{-1}$ , где в качестве групповой операции взято умножение. Действие  $[x, y]$  слева на произведение  $yx$  даёт  $xy$ . Если  $[x, y] = e$ , где  $e$  — единичный элемент группы  $G$ , то  $x$  и  $y$  перестановочны (коммутируют).

Алгебраич. понятие К. используют в квантовой механике. К. операторов  $\hat{A}$  и  $\hat{B}$  называется оператор  $[\hat{A}, \hat{B}] = \hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}$ . См. Перестановочные соотношения.

**КОММУТАЦИОННЫЕ СООТНОШЕНИЯ** — то же, что перестановочные соотношения.

**КОМПЕНСАТОР ОПТИЧЕСКИЙ** (от лат. compensatio — возмещая, уравновешивая) — оптич. устройство, с помощью к-рого путём сравнительно грубых перемещений оптич. элементов вводятся небольшие разности хода в двух световых лучах или имеющаяся разность хода сводится к нулю или иному значению, требуемому принципом измерений [1]. Обычно конструкция К. о. предусматривает и измерение вносимой

С. В. Молодцов.