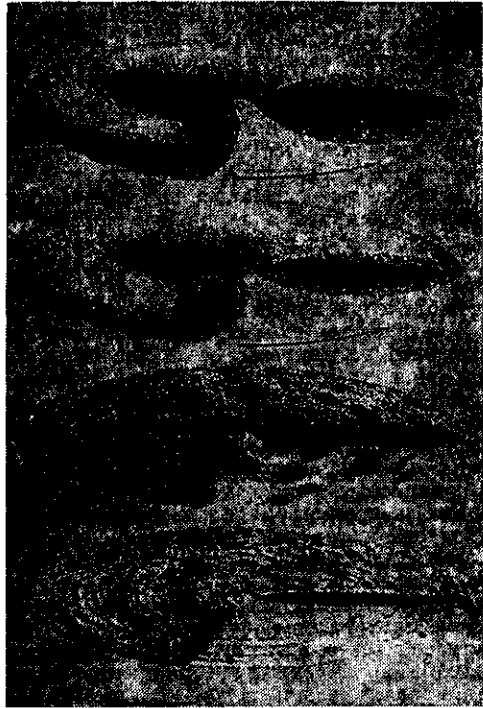


звезды. Однако уже в кон. 30-х гг. выяснилось, что гипотеза Джинса не способна объяснить размеры планетной системы. Ряд важных исследований по проблеме образования околосолнечной туманности и формирования в ней планет был проведён в 30—40-х гг. Х. Альфвен (H. Alfvén) и Ф. Хойл (F. Hoyle) привлекли внимание к магнитогидродинамич. эффектам, играющим важную роль на ранних стадиях формирования звезды и её окружения. Х. Берлаге (H. Berlage) и К. Вайцеккер (C. Weizsäcker) построили первые газодинамич. модели первичного околосолнечного диска. Начало пластомерной разработке теории П. С. с. положено работами О. Ю. Шмидта. В трудах отечеств. школы планетной космогонии выяснены осн. черты эволюции протопланетного диска и процессов, сопровождающих формирование планет. К 80-м гг. получен обширный материал наблюдательных данных по современному звездообразованию. Благодаря полётам космич. аппаратов неизмеримо возрос объём информации о строении, составе и свойствах тел СС. Лаб. изучение внеземного вещества и использование ЭВМ при моделировании астрофиз. событий позволили перейти к построению достаточно детальных количеств моделей П. С. с.

**Образование Солнца и допланетного диска.** Звёзды солнечного типа образуются в газопылевых комплексах с массой  $\geq 10^5 M_{\odot}$  ( $M_{\odot}$  — масса Солнца). Пример такого комплекса — известная *туманность Ориона*, в к-рой идёт активное звездообразование. По-видимому, и Солнце образовалось вместе с группой звёзд в ходе перемежающихся процессов сжатия и фрагментации подобной туманности.

Начавшее сжиматься массивное облако, участвующее в общем вращении Галактики, не может сжаться до высокой плотности из-за большого момента кол-ва движения (момента вращения). Поэтому оно стремится распастись на отд. фрагменты. Часть момента вращения при этом переходит в момент отосит. движения фрагментов. Процесс последоват. фрагментации, сопровождаемый беспорядочными (турбулентными) движениями, ударными волнами, запутыванием магн. полей, приливным взаимодействием фрагментов, сложен и понят недостаточно. Однако эволюция изолиров. фрагмента с массой  $\sim 1 M_{\odot}$ , обладающего не слишком большим нач. моментом вращения ( $\sim 10^{52}$  г·см<sup>2</sup>/с), может быть прослежена путём расчётов на ЭВМ. Расчёты показывают, что при большем моменте вращения вместо *протозвезды* может возникнуть неустойчивое кольцо, разбивающееся на фрагменты. Таким путём, возможно, формируются кратные звёзды. При много меньшем значении момента вращения более вероятно образование одиночной звезды. В 80-х гг. появились первые расчёты по образованию около сжимающейся, медленно вращающейся протозвезды (Солнца) уплотнённого газопылевого диска. Большая часть газа, окружающего протозвезду (вращающаяся оболочка), аккрецирует (см. *Аккреция*) на неё. Согласно оценкам, в экваториальной области сжимающейся протозвезды должна существовать область с интенсивным перераспределением момента вращения. В случае эфф. турбулентности, вызванной продолжающейся аккрецией газа, всё новые порции вещества с избыточным моментом выносятся наружу, образуя вращающийся газопылевой диск. Часть вещества из сжимающейся оболочки аккрецирует непосредственно на диск. За  $10^5$ — $10^6$  лет диск вырастает до размеров порядка радиуса совр. планетной системы (40—50 а. е.) и имеет массу 0,05—0,1  $M_{\odot}$ . Центр. область протозвезды, от к-рой передавался значит. вращат. момент, сжимаясь, превращается в звезду за  $\sim 10^6$  лет. Не исключено, что в зависимости от нач. условий в газопылевом комплексе, влияния соседних фрагментов, а также сближающихся поблизости *новых звёзд* и *сверхновых звёзд* массы и размеры образующихся дисков могут варьировать в широких пределах. Важную роль в ранней эволюции таких дисков играет активность моло-



Эволюция допланетного диска: а — опускание пыли к центральной плоскости; б — формирование пылевого субдиска; в — распад пылевого субдиска на пылевые сгущения; г — формирование из пылевых сгущений компактных тел (по Б. Ю. Левину, 1964).

дой звезды — её излучение в рентг. и УФ-диапазонах, общая *светимость* и интенсивность *звёздного ветра*. Согласно этим гидродинамич. моделям околосолнечного газопылевого диска, вращающегося вокруг такого активного Солнца, темп-ра в центр. плоскости диска упадет с расстоянием от Солнца  $r$  как  $r^{-1} \div r^{-1/2}$ , составляя 300—400 К на расстоянии  $r = 1$  а. е. и лишь десятки кельвинов на  $r = 10$ —30 а. е. Внеш. разреженные слои диска могли нагреваться КВ-излучением Солнца до весьма высоких темп-р, что вело к потере газа (его рассеянию в межзвёздное пространство). Этому процессу способствовал также интенсивный солнечный ветер.

Эволюция допланетного диска: динамические аспекты. При моделировании отд. стадий эволюции диска (рис.) и образования планет большое внимание уделяется нач. стадии — опусканию пылинки к центр. плоскости диска и их слипанию в турбулентном газе. Время опускания пыли и образования пылевого субдиска зависит от интенсивности турбулентных движений в газовой составляющей диска и оценивается в  $10^4$ — $10^5$  лет. При достижении в пылевом слое критич. плотности ( $\rho_{кр} \sim 3 M_{\odot}/2\pi r^2$ ) в результате *гравитационной неустойчивости* пылевой субдиск должен был бы распастись на множество пылевых сгущений. На разных расстояниях от Солнца времена образования пылевых сгущений и их массы могли несколько отличаться, но, по оценкам, в ср. их массы были близки к массам крупнейших совр. *астероидов*. Столкновения сгущений вызвали объединение (и сжатие) большинства из них и образование компактных тел — *планетезималей*. Этот процесс, с космогонич. точки зрения, был также весьма быстрым ( $\lesssim 10^6$  лет).

Следующий этап — аккумуляция планет из роя планетезималей и их обломков — занял гораздо больше времени ( $10^7$ — $10^8$  лет). Численное моделирование позволяет определять одновременно распределение