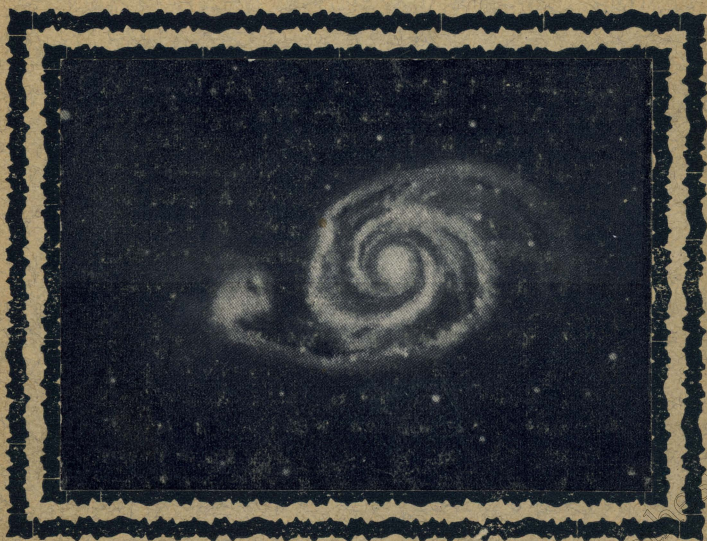


Проф. МУЛЬТОНЪ

== ЭВОЛЮЦІЯ == СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ



<http://maabols.ru>
ОДЕССА 1908



Ф. Линдеман

ФОРМА и СПЕКТР АТОМОВ

Рѣчь ректора Мюнхенскаго университета 1905 г.

ПЕРЕВОД С НѢМЕЦКАГО

————— 24 стр. Ц. 20 к. —————

„В чем состоит различіе этих веществ [элементов]? Химик дает нам эти различія на основаніи своего анализа... но все это указывает только на характерные признаки их различных элементов. Вопрос же о их внутренней природѣ остается без отвѣта... Однако, интересен и этот шаг: может быть, нам удастся вопрос о качественных различіях вещества формулировать количественно, на примѣр, свести его на чисто геометрический вопрос формы...

„Если математик пожелает подвергнуть поставленный выше вопрос разработкѣ своими специальными методами, то первым дѣлом из всего разнообразія химических признаков он выберет такой, который можно выражать количественно и который относится только к самому атому (не к группѣ атомов, как на примѣр форма кристалла). Одним из таких признаков является спектр вещества: каждый элемент обладает совершенно опредѣленным спектром, состоящим из извѣстнаго числа строго опредѣленных линій... длины

См. 3-ью стр. обложки

== ЭВОЛЮЦИЯ ==
СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

<http://mathesis.ru>

Ф. Р. МУЛЬТОНЪ
проф. Чикагскаго университета

== ЭВОЛЮЦІЯ == СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

ПЕРЕВОДЪ СЪ АНГЛІЙСКАГО

съ 12 рисунками



ОДЕССА 1908

<http://mathesis.ru>



Тип. Дікціон. Южно-Русскаго Общества Печатнаго Дѣла

Пушкинская, с. д. № 18.—Одесса.

Къ русскому переводу

Эта небольшая книжка представляет переводъ одной главы книги проф. F. R. Moulton, *Introduction to Astronomy* (Введение въ Астрономію), вышедшей въ 1906 году, и содержитъ изложеніе одной изъ наиболѣе важныхъ и интересныхъ космогоническихъ гипотезъ, которая вызвала на свѣтъ все болѣе выясняющаяся неудовлетворительность теоріи Лапласа. То обстоятельство, что это изложеніе принадлежитъ одному изъ авторовъ *планетезимальной гипотезы*, что мы получаемъ его изъ первыхъ рукъ, не можетъ не повышать его цѣнности—тѣмъ болѣе, что авторъ даже сложныя вещи умѣетъ представлять ясно и отчетливо.

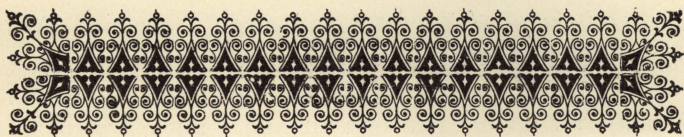
Въ цѣляхъ облегченія русскаго читателя, не имѣющаго подъ рукою всей книжки, мы позволили себѣ вставить кой-гдѣ поясненія, изъ которыхъ болѣе значительныя отнесены въ примѣчанія. Сверхъ того, нѣкоторыя мѣста текста,

на стр. 58—61 и 70, содержащія формулы (очень простыя, впрочемъ), мы также перенесли въ примѣчанія, отмѣченныя словомъ *Авторъ* въ скобкахъ. Мы надѣемся, что въ такомъ видѣ *планетезимальная гипотеза* будетъ доступна большому кругу читателей, интересующихся широкими вопросами о бытіи Космоса.

Одесса
Январь 1908



<http://mathesis.ru>



Эволюція солнечной системы

Именемъ эволюціи обозначаютъ обыкновенно чрезвычайно медленное измѣненіе, особенно такое, которое происходитъ въ направленіи отъ простого и неорганизованнаго къ сложному и организованному. Нельзя не удивляться тому, что идея эволюціи казалась инымъ непріемлемой, хотя быстрыя и радикальныя измѣненія въ большинствѣ предметовъ извѣстны по опыту каждому изъ насъ. Причина этого, быть можетъ, заключается въ томъ, что въ цѣломъ эволюція есть движеніе въ одномъ направленіи, тогда какъ множество измѣненій, извѣстныхъ намъ по опыту, періодичны, хорошій примѣръ чего представляетъ смѣна времени года.

Съ расширеніемъ нашихъ знаній мы замѣчаемъ, что измѣняется все. Измѣняются индивидуумы, измѣняются учрежденія, измѣняются языки и даже „вѣчныя горы“ стираются съ лица земли

въ одно мгновеніе геологическаго времени. Мы рассмотримъ теперь тотъ рядъ измѣненій, въ которомъ современныя условія и соотношенія солнца и планетъ представляютъ только одинъ этапъ великой эволюціи.

Данныя задачи — Очевидно само собою, что для построенія эволюціи нашей системы необходимо знаніе ея современныхъ условій. Конечно, намъ извѣстно не все, что можетъ относиться къ этому вопросу, и это „все“ даже никогда и не будетъ извѣстно; но это не помѣшаетъ намъ набросать по крайней мѣрѣ общій очеркъ развитія солнечной системы. Можно найти много примѣровъ того, что общія черты ряда измѣненій можно предсказать и безъ знанія всѣхъ мелкихъ факторовъ, входящихъ въ задачу. Такъ, температура какого-нибудь мѣста зависитъ не только отъ широты этого мѣста и отъ времени года, но также и отъ массы болѣе мелкихъ причинъ. И потому предсказать въ точности температуру этого мѣста для заданнаго момента невозможно. Но въ зависимости отъ времени года и отъ разности между продолжительностью ночи и дня можно предуказывать общій ходъ измѣненій этой температуры. Подобнымъ же образомъ нельзя думать, что будетъ въ нашихъ силахъ дать всѣ детали эволюціи солнечной системы; однако, дать общій очеркъ ея — задача, отнюдь не безнадеж-

ная, вопросъ, который вовсе не долженъ остаться навсегда за предѣлами нашего познанія.

Источникомъ величайшей опасности для теоріи, которая должна охватить неизмѣримое время, является возможность существованія такихъ вліяній, которыя остаются незамѣтными за періоды времени, доступные нашему опыту, но дѣйствуютъ постоянно въ одну сторону. Такъ, возвращаясь снова къ нашему примѣру относительно погоды, еслибы на самомъ дѣлѣ излученіе солнцемъ тепла постоянно уменьшалось, а намъ этотъ фактъ оставался неизвѣстнымъ, наши предсказанія температуры для отдаленнаго будущаго не могли бы быть вѣрными. Отсюда слѣдуетъ, что тѣ заключенія, особенно относительно деталей, которыя можно извлечь изъ какой-нибудь теоріи эволюціи, будутъ тѣмъ менѣе достовѣрны, чѣмъ къ болѣе далекому отъ настоящаго моменту они будутъ относиться.

Для того чтобы мы могли раскрыть законы эволюціи солнечной системы, кромѣ ея нынѣшнихъ условій намъ должны быть также извѣстны законы ихъ измѣненій. Такъ, для рѣшенія болѣе простой задачи предсказанія мѣста планетъ черезъ годъ, намъ необходимо знать какъ тѣ мѣста, въ которыхъ сейчасъ находятся планеты, такъ и законы ихъ движеній.

Значить, данными для эволюціи солнечной

системы намъ будутъ служить какъ ея нынѣшнія условія, такъ и законы, по которымъ происходятъ совершающіяся въ ней явленія.

Значеніе теоріи эволюціи — Важность для насъ каждаго факта находится въ прямой зависимости отъ числа его извѣстныхъ соотношеній съ другими фактами. Такъ какъ теорія эволюціи много занимается такими соотношеніями, то попытка построить такую теорію невольно обращаетъ наше вниманіе на связь самихъ фактовъ и эта связь критически изслѣдуется. Такимъ образомъ, попытка построения теоріи эволюціи имѣетъ прежде всего то значеніе, что ведетъ къ лучшему пониманію матеріала, на которомъ она основывается.

Всякая научная теорія неизмѣнно требуетъ присоединенія чего-либо новаго къ тѣмъ даннымъ, на которыхъ она основана. Такимъ образомъ она даетъ толчекъ къ дальнѣйшему изслѣдованію и направляетъ его. Несмотря на то, что намъ иногда приходится слышать, будто чело-вѣкъ науки долженъ воздерживаться отъ предвзятыхъ идей, не подлежитъ сомнѣнію, что огромное большинство открытій было сдѣлано тѣми, которые искали именно того, что они нашли. Въ большинствѣ другихъ случаевъ открытія были сдѣланы подъ вліяніемъ ложной или несовершенной теоріи при попыткахъ найти прямо противоположное найденному или, по крайней мѣрѣ, нѣчто,

хотя и отличное отъ него, но по существу однородное. Такимъ образомъ, значеніе теоріи эволюціи, съ другой стороны, заключается въ томъ, что она ведетъ къ открытію новыхъ фактовъ.

Широкая научная теорія включаетъ въ себѣ много второстепенныхъ теорій, относящихся къ отдѣльнымъ группамъ явленій. Напримѣръ, въ солнечной системѣ мы имѣемъ теоріи движенія планетъ, захвата кометъ планетами, Сатурновыхъ колецъ, зодіакальнаго свѣта, экваторіальнаго ускоренія вращенія солнца и пр. При построеніи общей теоріи эволюціи системы эти второстепенныя теоріи должны быть связаны съ цѣлымъ и потому онѣ подвергаются тщательному изслѣдованію. Эта критика дополнительныхъ теорій, будетъ ли она созидательной или разрушительной, составляетъ еще одну важную сторону всякаго широкаго обобщенія.

При помощи научныхъ теорій мы можемъ контролировать событія съ пользою для себя или можемъ приспособляться къ нимъ. Хотя астрономія внесла много вкладовъ, непосредственно важныхъ для благосостоянія человѣка, однако она не такъ непосредственно утилитарна, какъ большинство другихъ наукъ. Но ни одна наука не превосходитъ астрономіи косвенными выгодами, которыя она даетъ и которыя состоятъ въ обогащеніи нашего индивидуальнаго опыта.

Вдумываясь, мы находимъ, что очень многіе виды нашей дѣятельности направлены на удовлетвореніе нашихъ умственныхъ нуждъ. Такъ, мы путешествуемъ часто не для того чтобы добыть себѣ больше пищи или одежды, а для того чтобы, знакомясь съ необычными предметами, пріобрѣсти болѣе широкой кругозоръ. Важною стороною путешествія является не посѣщеніе какого-нибудь опредѣленнаго мѣста, а пріобрѣтеніе интеллектуальнаго опыта. Астрономы не могутъ путешествовать по громаднымъ пространствамъ, которыя они изслѣдуютъ, но длинныя руки ихъ анализа далеко хватаютъ и собираютъ факты, представляя ихъ сознанию съ такой живостью, какую едва ли превосходитъ какой бы то ни былъ опытъ. Такимъ образомъ, астрономія какъ бы распространяетъ нашъ личный опытъ на безконечно обширное поле. Но интереснѣе всего вмѣстѣ съ этимъ, что построеніе удовлетворительной теоріи эволюціи расширяетъ нашъ опытъ такимъ же образомъ и во времени.

Наконецъ, теорія, сводящая воедино огромное разнообразіе наблюденныхъ фактовъ, имѣетъ и высокую эстетическую цѣнность. Она стоитъ въ такомъ же отношеніи къ перечню несовершеннo связанныхъ другъ съ другомъ фактовъ, которые лежатъ въ ея основѣ, въ какомъ стоитъ прекрасный законченный домъ къ невзрачнымъ

кучамъ камня, кирпича и дерева, изъ которыхъ онъ былъ построенъ. Размышляя въ этомъ направленіи, въ концѣ своего труда по описательной астрономіи Лапласъ говоритъ: „Въ своемъ великомъ цѣломъ астрономія является прекраснѣйшимъ памятникомъ человѣческой мысли, благороднѣйшимъ свидѣтельствомъ человѣческаго разума“.



Историческія свѣдѣнія

Райтъ и Кантъ — Первая теорія эволюціи солнечной системы и даже гораздо шире — эволюціи всей звѣздной вселенной — на сколько-нибудь научномъ основаніи была опубликована въ 1750 г. Томасомъ Райтомъ (Wright) изъ Дергэма (Англія). Райтъ предполагалъ, что Млечный Путь состоитъ изъ громаднаго числа системъ вродѣ нашей собственной солнечной системы, расположенныхъ въ видѣ большого двойного кольца, которое вращается вокругъ оси, перпендикулярной къ его плоскости. Солнечной системы онъ касался только мимоходомъ, какъ примѣра для нѣкоторыхъ изъ своихъ построеній относительно звѣздной вселенной.

Въ 1751 году сочиненіе Райта попало въ руки молодому философу Канту, сейчасъ же обратившему свой блестящій умъ на изслѣдованіе задачъ космогоніи. Въ 1755 году Кантъ напечаталъ по этому вопросу цѣлую книгу, въ которой принималъ общія идеи Райта, особенно относительно

строения Млечнаго Пути. Его же собственный вкладъ состоялъ главнымъ образомъ въ развитіи теоріи эволюціи солнечной системы. Онъ прямо поставилъ вопросъ о ростѣ солнечной системы изъ болѣе простаго состоянія и, для защиты отъ предразсудковъ своего времени, доказывалъ въ предисловіи, что вѣра въ такую эволюцію нисколько не должна колебать вѣры въ Высшее Существо.

Кантъ выдвинулъ предположеніе, что вначалѣ весь матеріаль, который заключается теперь въ различныхъ членахъ нашей солнечной системы, находился въ состояніи диссоціированныхъ элементовъ и былъ равномерно разбѣянъ по всему пространству, занятому этими тѣлами. Онъ считалъ это простѣйшей гипотезой для начального состоянія системы, какая только возможна. Нарушеніе однородности первичной массы онъ приписывалъ различію ея элементовъ и ихъ силы притяженія. Кантъ предполагалъ, что болѣе тяжелыя молекулы должны были притягивать къ себѣ болѣе легкія сосѣднія и что эти небольшія скопленія должны были постепенно расти отъ прибавленія меньшихъ массъ. Въ массѣ должны были возникнуть движенія и, въ силу равномерности первоначальнаго распредѣленія вещества, результирующія притяженія должны были быть направлены къ центру всей системы. Кантъ обратилъ вни-

маніе на тотъ фактъ, что стремленіе газовъ расширяться дѣйствовало противъ притяженія, и предполагалъ—какимъ-то неяснымъ образомъ,—что эти отталкивательныя силы должны были породить боковыя движенія упомянутыхъ небольшихъ скопленій. Сначала эти скопленія должны были двигаться во всевозможныхъ направленіяхъ, но затѣмъ, по его мнѣнію, послѣдовательныя столкновенія между ними должны были свести всѣ скопленія къ немногимъ массамъ, которыя двигались въ одномъ направленіи и по круговымъ почти орбитамъ.

Въ послѣдующихъ главахъ своей книги Кантъ разсматривалъ плотности и отношенія массъ планетъ, эксцентрицитеты *) планетныхъ орбитъ, происхожденіе кометъ, происхожденіе спутниковъ и вращенія планетъ, происхожденіе кольца Сатурна,

*) Эксцентрицитетомъ называется квадратный корень изъ разности квадратовъ полуосей эллипса, раздѣленной на квадратъ большой полуоси ($e = \sqrt{(a^2 - b^2) / a^2}$). Чѣмъ больше эксцентрицитетъ, тѣмъ болѣе удлиненную форму имѣетъ эллипсъ. Орбиты главныхъ планетъ нашей солнечной системы въ общемъ мало отличаются отъ круговъ и ихъ эксцентрицитеты невелики. Наиболѣе значителенъ эксцентрицитетъ орбиты Меркурія, достигающій 0.2. Еще болѣе значительны эксцентрицитеты встрѣчаются у нѣкоторыхъ малыхъ планетъ (планетоидовъ или астероидовъ). У астероида Оккло эксцентрицитетъ достигаетъ почти 0.4.

зодіакальний свѣтъ и теорію строенія и физическихъ условій, имѣющихъ мѣсто на солнцѣ.

Красота и общность теоріи Канта увлекательны, но она представляетъ нѣсколько очевидныхъ трудностей. Во-первыхъ, отталкивательныя силы не были бы достаточны, чтобы произвести вращеніе всей системы, такъ какъ, пока она не подвержена внѣшнимъ вліяніямъ, общее количество вращенія въ ней остается постояннымъ. Кроме того, даже если и допустить вращеніе, то остается совершенно неяснымъ, почему должны уничтожиться всѣ движенія кромѣ тѣхъ, которыя происходятъ почти въ одной плоскости въ одномъ и томъ же направленіи.

Кантово изложеніе многихъ отдѣльныхъ вопросовъ обнаруживаетъ поразительную остроту ума и способность обобщенія, но доказательства его нерѣдко ошибочны, такъ какъ его свѣдѣнія о физическихъ законахъ были очень неправильны. Съ исторической точки зрѣнія его трудъ объ эволюціи солнечной системы представляетъ величайшій интересъ; но такъ какъ его теорія совершенно неудовлетворительна въ нѣкоторыхъ основныхъ пунктахъ, то намъ не зачѣмъ останавливаться здѣсь на дальнѣйшихъ подробностяхъ.

Кольцевая теорія Лапласа — Въ 1796 году появилось великолѣпное, превосходно написанное общедоступное изложеніе астрономіи Лапласа. Въ

немъ онъ съ торжествомъ и гордостью объяснялъ, какъ астрономы побороли одну трудность за другой, пока практически не были рѣшены почти всѣ вопросы. Невѣроятно, чтобы передъ астрономами когда-нибудь снова стояло такъ мало требующихъ разрѣшенія задачъ, какъ въ то время. Въ послѣдней главѣ своего труда Лапласъ изложилъ свои мысли о развитіи солнечной системы, совершенно пренебрегши болѣе общимъ вопросомъ о развитіи всей звѣздной вселенной. Въ нѣсколькихъ изданіяхъ, появившихся до его смерти въ 1827 году, онъ сдѣлалъ много добавленій къ своимъ первоначальнымъ замѣчаніямъ, но въ нихъ нигдѣ нѣтъ указаній на то, что онъ когда-нибудь слышалъ о работѣ Канта.

Лапласъ обратилъ вниманіе на тотъ фактъ, что всѣ движенія въ солнечной системѣ—и вращенія, и обращенія,—извѣстныя въ то время, происходили почти въ одной и той же плоскости въ томъ же направленіи. По его вычисленію вѣроятность того, что этотъ результатъ есть простая случайность, составляетъ не болѣе одной 500-милліонной. Это показываетъ, что по всей вѣроятности этотъ фактъ обусловленъ тѣмъ начальнымъ состояніемъ, изъ котораго развилась наша система. Равнымъ образомъ Лапласъ подчеркнул и тотъ замѣчательный фактъ, что орбиты планетъ представляютъ собою почти круги, тогда какъ орбиты кометъ параболичны.

Бюффонъ предложилъ теорію, что планеты состоятъ изъ вещества, которое было оторвано отъ солнца ударомъ нѣкогда упавшей на него кометы. Лапласъ говоритъ, что ему извѣстна только эта теорія происхожденія планетъ, и приводитъ роковое для нея возраженіе, что вещество, оторванное указаннымъ образомъ, должно было вернуться въ ту точку, изъ которой оно вышло, и должно было соединиться съ первоначальной массой или же удалиться отъ солнца въ безконечность.

Свою теорію Лапласъ предлагалъ „съ тѣмъ недовѣріемъ, которое должно внушать все, что не есть результатъ наблюденія или вычисленія“. Въ общихъ чертахъ его теорія состояла въ томъ, что первоначально солнечная атмосфера (въ позднѣйшихъ изданіяхъ туманная оболочка), имѣвшая чрезвычайно высокую температуру, простиралась за орбиту самой далекой планеты; вся эта масса вращалась, какъ твердое тѣло, въ томъ направленіи, въ которомъ движутся теперь планеты. Размѣры солнечной атмосферы обуславливались, главнымъ образомъ, расширеніемъ чрезвычайно нагрѣтыхъ паровъ и отчасти центробѣжнымъ ускореніемъ вслѣдствіе вращенія; но мѣрѣ потери тепла излученіемъ эта масса, подъ вліяніемъ взаимнаго тяготѣнія частей, постепенно сжималась; одновременно съ ея сжатіемъ необходимо возрастала

и скорость ея вращенія, такъ какъ общее количество движенія должно оставаться постояннымъ; по истеченіи нѣкотораго времени центробѣжное ускореніе на экваторѣ становилось равнымъ притяженію и отъ массы отрывалось кольцо, тогда какъ остальная часть продолжала сокращаться; такое кольцо отрывалось на разстояніи каждой нынѣшней планеты; это кольцо едва ли могло быть совершенно однородно и, раздѣлившись въ одной точкѣ, оно, въ силу взаимныхъ притяженій своихъ частей, соединялось въ какой-нибудь другой точкѣ и образовывало планету; наконецъ, спутники образовались изъ колецъ, которыя давало сжатіе планетъ, единственный примѣръ чего, существующій теперь, представляетъ кольцо Сатурна.

Теорія Лапласа была скромнѣе теоріи Канта въ томъ отношеніи, что она не стремилась объяснить всю вселенную, и, можетъ быть, по этой причинѣ ея основательность меньше могла подвергаться сомнѣнію. За нею стоялъ громадный престижъ имени Лапласа и потому она вскорѣ была принята всѣми. Она оказала не поддающееся учету вліяніе на всю науку и философію XIX вѣка. Невозможно опредѣлить, въ какой мѣрѣ она вошла во все, начиная съ истолкованія астрономическихъ и геологическихъ явленій и кончая разборомъ и объясненіемъ богословскихъ системъ.

Въ виду этого огромнаго вліянія дальше мы остановимся подробнѣе на тѣхъ прибавленіяхъ, которыя были сдѣланы къ ней, и на тѣхъ возраженіяхъ, которыя она вызвала.

Контракціонная теорія солнечной теплоты — Лапласъ предполагалъ, что первичная солнечная туманность имѣла громадныя размѣры и чрезвычайно высокую температуру и что она сжималась вслѣдствіе потери ею тепла. Послѣ того, какъ было обосновано начало сохраненія энергіи, и послѣ труда Гельмгольца о контракціонной теоріи солнечной теплоты это допущеніе первоначальной высокой температуры стало излишнимъ. Въ контракціонной теоріи поддержанія энергіи, расходуемой солнечнымъ излученіемъ, принимаютъ, что солнце постоянно сжимается *). Слѣдовательно, она очень

*) Сущность контракціонной теоріи состоитъ въ слѣдующемъ: подъ вліяніемъ взаимнаго тяготѣнія свихъ частицъ солнце должно постоянно сжиматься. Такое сжатіе равнозначно тому, что каждая изъ частицъ солнца падаетъ къ его центру. Сталкиваясь и теряя такимъ образомъ свое движеніе, частицы должны производить извѣстное количество тепла. Теорія показываетъ, что все количество тепла, произведенное какой-нибудь частицей, должно быть равно тому, какое получилось бы, еслибы частица прошла все разстояніе отъ своего первоначальнаго положенія до центра притяженія и здѣсь сразу превратила всю энергію своего движенія въ теплоту. Такимъ образомъ, постоянно сжимаясь, солнце постоянно производило бы тепло.

хорошо согласуется съ гипотезой Лапласа, хотя, очевидно, нѣтъ никакой необходимости предполагать, что солнце въ началѣ своего сокращенія имѣло ту именно форму, которую предполагалъ Лапласъ.

Метеоритная гипотеза—Локіеръ (N. Lockyer) предложилъ гипотезу, что все вещество нашей системы первоначально было не въ газообразномъ состояніи, а въ состояніи метеоритовъ. По его предположенію туманности представляютъ не что иное, какъ огромные рои метеоритовъ, которые становятся видимыми вслѣдствіе того, что частицы всей ихъ массы накаляются отъ постоянныхъ столкновеній другъ съ другомъ.

Въ 1854 г. Гельмгольцъ вычислилъ, что для покрытія потери солнечнаго тепла отъ излученія нужно допустить, что поперечникъ солнца сжимается на какихъ-нибудь 60—70 метровъ въ годъ (Гельмгольцъ исходилъ изъ не совсемъ точныхъ чиселъ и по современнымъ опредѣленіямъ расходуемаго солнцемъ тепла это сжатіе должно доходить до 120 метровъ въ годъ). Эта величина была получена Гельмгольцемъ въ предположеніи, что солнце однородно и при сжиманіи сохраняетъ свою однородность. Если же предположить, что плотность солнца къ центру увеличивается, то это сжатіе для покрытія данной потери тепла должно быть еще меньше. Какъ бы то ни было, даже и величина 120 метровъ на томъ разстояніи, на которомъ находится отъ насъ солнце, настолько незначительна, что при помощи современныхъ инструментовъ мы могли бы замѣтить такое сжатіе не ранѣе 6000 лѣтъ.

Дж. Дарвинъ (G. Darwin) изслѣдовалъ механическія условія, въ которыхъ находится большой метеорный рой. Онъ нашелъ, что при размѣрахъ и массѣ, подобныхъ размѣрамъ и массѣ солнечной системы, условія эти мало отличаются отъ тѣхъ, какія имѣли бы мѣсто въ газообразной массѣ. Дѣло сводится къ тому, что эта гипотеза увеличиваетъ только размѣры молекулъ, по существу же она не отличается отъ гипотезы Лапласа. Дарвинъ показалъ, что при значительныхъ размѣрахъ такая масса необходимо вращалась бы, какъ твердое тѣло.

Приливная эволюція—Прежде чѣмъ разсматривать возраженія противъ гипотезы Лапласа, необходимо слегка остановиться на вліяніи, которое могутъ оказать на развитіе солнечной системы приливы и отливы. Вопросъ этотъ былъ изслѣдованъ Дарвиномъ въ рядѣ замѣчательныхъ мемуаровъ, опубликованныхъ имъ въ 1878 — 1882 гг. Значительная часть его работы носитъ общій характеръ, но детальныя числовыя примѣры относятся къ землѣ и лунѣ.

Дарвинъ предположилъ, что земля представляетъ собой вязкую массу, подверженную приливамъ и отливамъ подъ вліяніемъ солнца и луны. Степень вязкости земли была принята такой, что небольшіе образцы ея, какіе только и могутъ подлежать лабораторному изслѣдованію, представляли

бы почти совершенно твердое тѣло. Вслѣдствіе того, что это тѣло не будетъ вполне твердымъ, оно будетъ подвержено приливамъ (океаническіе и атмосферные приливы здѣсь въ расчетъ не принимаются); вслѣдствіе же того, что это несовершенная жидкость, приливы будутъ чрезвычайно слабы. Условія явленія изображены на рисункѣ 1, но для ясности приливы на немъ чрезвычайно увеличены по сравненію съ размѣрами самой земли.

Намъ нужно найти (1), какое дѣйствіе на вращеніе земли окажетъ притяженіе луною приливовъ *A* и *B*, и (2), какое дѣйствіе на движеніе луны окажутъ притяженія приливовъ *A* и *B*.

(1) Легко видѣть, что если мѣсяцъ, т. е. періодъ обращенія луны вокругъ земли, длиннѣе сутокъ, то (при томъ положеніи приливовъ, которое указано на рис. 1) длина сутокъ должна возрастать. Сутки должны удлиниться еще болѣе,

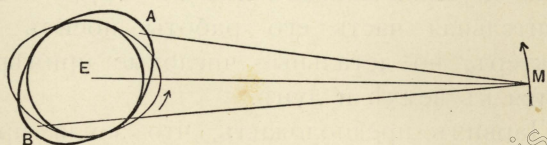


Рис. 1.

если принять во вниманіе и солнечные приливы. Дарвинъ показалъ, что должно измѣняться положеніе и плоскости земного экватора и плоскости

лунной орбиты, причемъ характеръ этихъ измѣненій будетъ зависѣть отъ цѣлаго ряда факторовъ.

(2) Притяженіе луны приливомъ A можно разложить на двѣ слагающихъ, изъ которыхъ одна будетъ направлена къ E , а другая будетъ перпендикулярна къ EM и направлена въ сторону движенія луны. Для прилива B слагающая, перпендикулярная къ EM , будетъ направлена на встрѣчу лунному движенію. Но притяженіе прилива A больше, чѣмъ притяженіе прилива B , и уголъ AME немного больше угла BME . Поэтому въ окончательномъ результатѣ должно получиться нѣкоторое ускореніе луны. Въ силу этого ускоренія размѣры лунной орбиты должны стать больше, а мѣсяцъ долженъ удлиниться.

Очеркъ исторіи системы Земля-Луна по Дарвину —

Идя при помощи вычисленій шагъ за шагомъ къ предшествующимъ условіямъ, Дарвинъ пришелъ къ тому, что онъ счелъ за вѣроятное начальное состояніе земли и луны, и затѣмъ очертилъ эволюцію этой системы до настоящаго времени. Этотъ очеркъ здѣсь будетъ переданъ ради удобства такъ, какъ будто сомнѣній относительно него не существуетъ.

Не менѣе 54 000 000 лѣтъ тому назадъ земля и луна составляли одно тѣло съ діаметромъ немного больше 13 000 километровъ. Эта масса вра-

щалась вокругъ своей оси въ періодъ около 5 нашихъ нынѣшнихъ часовъ, а плоскость ея экватора была наклонена къ плоскости эклиптики на 11° или на 12° . Масса эта вращалась такъ быстро, что равновѣсіе ея было неустойчиво, и подѣ влияніемъ солнечныхъ приливовъ луна, наконецъ, оторвалась отъ земли. Въ это время луна и земля обращались около общаго центра тяжести и около своихъ осей въ одно и то же время (около 5 часовъ). Сокращаясь, земля стала вращаться быстрее, сутки стали короче мѣсяца и началась приливная эволюція. Приливы удлиннили и сутки и мѣсяць, но *мѣсяць удлинялся быстрее, чѣмъ сутки.* Это возрастаніе періодовъ продолжалось, пока рассматриваемая система не пришла къ современнымъ условіямъ.

Подобнымъ же образомъ земля производила приливы на лунѣ и увеличивала длину лунныхъ сутокъ, пока онѣ не сравнялись съ мѣсяцемъ. Эксцентрицитетъ лунной орбиты одно время возрасталъ, а затѣмъ постоянно убывалъ. Наклонъ плоскости земного экватора къ эклиптикѣ возросъ отъ 11° или 12° до $23^{\circ}5'$, а плоскость лунной орбиты, раньше совпадавшая съ плоскостью земного экватора, мѣняла свое положеніе, пока не достигла нынѣшняго наклона къ плоскости эклиптики всего въ $5^{\circ}9'$.

Въ будущемъ сутки должны возрасть ско-

рѣе, чѣмъ мѣсяць, пока и сутки и мѣсяць не станутъ равными 50 или 60 нашимъ нынѣшнимъ суткамъ, а лунная орбита не станетъ круговой (если исключить возмущенія, производимыя притяженіемъ солнца). Еслибы не было другихъ тѣлъ, кромѣ земли и луны, то это состояніе продолжалось бы вѣчно. Но этому помѣшаютъ солнечные приливы: они снова приближаютъ луну къ землѣ, притомъ такъ, что сутки всегда будутъ немного длиннѣе мѣсяца, и эта эволюція можетъ, пожалуй, окончиться новымъ соединеніемъ земли и луны. Работа приливовъ порождаетъ теплоту и по вычисленію Дарвина количество произведенной треніемъ приливовъ теплоты могло бы поднять температуру земли, будь оно приложено сразу, на 1700°C .

Доказательства приливной эволюціи — Трудъ Дарвина основанъ на предположеніяхъ (въ высшей степени достовѣрныхъ, повидимому), что земля не абсолютно тверда и что при измѣненіи ея формы возникаетъ внутреннее треніе. Но приливныя дѣйствія чрезвычайно слабы, они совершенно различны при различныхъ степеняхъ вязкости, скоростяхъ вращенія и обращенія и иногда ничтожныя измѣненія этихъ данныхъ сильно измѣняютъ выводы. Вообще приливы долгаго періода производятъ дѣйствіе обратное тому, какое производятъ приливы краткаго періода; вліяніе послѣднихъ въ об-

щемъ больше. Трудности этой задачи и недосто-
вѣрность ея данныхъ придаютъ особую важность
провѣркѣ этой теоріи дѣйствительными явленіями,
посколько это возможно.

Наиболѣе важнымъ фактомъ, который вѣро-
ятно и направилъ впервые изслѣдованіе на этотъ
предметъ, является тотъ фактъ, что къ землѣ обра-
щена всегда одна и та же сторона луны. Это въ
совершенствѣ согласуется съ теоріей, которая по-
казываетъ, что при сдѣланныхъ предположеніяхъ
такое условіе есть необходимый результатъ при-
тягательнаго дѣйствія земли на тѣ приливы, кото-
рые она производила на лунѣ. Этотъ фактъ не
единственный: восьмой спутникъ Сатурна Япетъ *)
постоянно обращенъ къ Сатурну одной и той же
стороной, Меркурій и Венера вѣроятно также об-
ращены къ солнцу всегда одной и той же сторо-
ной. Конечно, у насъ нѣтъ возможности узнать,
какую скорость имѣло ихъ вращеніе вначалѣ и
какую часть работы произвело въ этихъ случаяхъ
приливное треніе.

*) При своемъ движеніи вокругъ Сатурна Япетъ, на-
ходясь къ западу отъ планеты, неизмѣнно бываетъ ярче,
чѣмъ къ востоку отъ нея. Эту разницу въ яркости можно
объяснить только тѣмъ, что Япетъ обращенъ къ Сатурну,
какъ луна къ землѣ, всегда одною и тою же стороною (пе-
ріодъ вращенія равенъ періоду обращенія) и что различ-
ныя части его поверхности отражаютъ свѣтъ солнца въ
различной степени.

Марсъ вращается медленнѣе, чѣмъ обращается его внутренній спутникъ Фобось, тогда какъ, еслибы онъ, какъ то предполагаетъ теорія Лапласа, при сокращеніи раньше имѣлъ размѣры орбиты спутника, его вращеніе должно было бы происходить быстрѣе обращенія спутника. Этотъ фактъ невозможно объяснить непосредственно изъ гипотезы Лапласа, но Дарвинъ находитъ объясненіе въ предположеніи, что солнечные приливы увеличили сутки планеты съ того времени, когда онъ равнялись періоду обращенія спутника. Онъ даже считаетъ это явленіе доказательствомъ своей теоріи приливной эволюціи и думаетъ, что его объясненіе освобождаетъ гипотезу Лапласа отъ очень вѣскаго возраженія. Однако, какъ указалъ Ноланъ (Nolan), Фобось такъ близокъ къ Марсу, что при всей незначительности его массы его приливы сравнимы съ приливами солнца; а такъ какъ онъ обращается быстрѣе, чѣмъ вращается планета, то производимые имъ приливы должны уменьшать размѣры его орбиты. По его вычисленію, спутникъ долженъ былъ бы упасть на планету подъ дѣйствіемъ своихъ собственныхъ приливовъ раньше, чѣмъ солнечные приливы удлинитъ бы сутки Марса на 1 минуту.

Время обращенія внутреннихъ частицъ системы Сатурновыхъ колецъ *) значительно мень-

*) Сатурновы кольца состоятъ изъ твердыхъ пылеобразныхъ частицъ, обращающихся вокругъ планеты со-

ше времени вращенія самой планеты. А такъ какъ эта планета въ шесть разъ дальше Марса отъ солнца, то вліяніе солнечныхъ приливовъ на ней должно быть гораздо слабѣе, такъ какъ приливы измѣняются обратно пропорціонально шестой степени разстоянія. Плотность, размѣры и скорость вращенія вносятъ свои измѣненія въ этотъ результатъ. Но взявъ осторожныя оцѣнки того, что извѣстно не достаточно хорошо, мы находимъ, что для такого объясненія этого затрудненія, какое Дарвинъ далъ для Марса, потребовался бы промежутокъ времени въ 3000 разъ слишкомъ большій, чѣмъ для Марса. Конечно, ни изъ гипотезы Лапласа, ни изъ современныхъ условій этихъ тѣлъ никто бы не вывелъ заключенія, что Сатурнъ въ 3000 разъ старѣе Марса.

Еслибы земля вращалась около своей оси въ періодъ 5 или 6 часовъ, то она должна была бы имѣть большую выпуклость по экватору, какъ это мы видимъ у Юпитера. Замедленіе приливовъ было бы наибольшее въ экваторіальныхъ областяхъ и можно было бы ожидать и теперь какихъ-нибудь указаній на то, что экваторіальная зона когда-то отставала отъ высшихъ широтъ; но этого указанія найдено не было. Кромѣ того, по мѣрѣ уменьшенія скорости вращенія, земля должна была гласно законамъ Кеплера (Ср. Ньюкомъ, *Астрономія для всѣхъ*, стр. 183).

бы дѣлаться болѣе сферической. При измѣненіи ея формы наиболѣе подвижныя части подчинялись бы этому вліянію прежде всего—раньше, чѣмъ могло бы сильно деформироваться твердое ядро. Поэтому мы должны бы были ожидать согласно этой теоріи, что оба полюса покрыты глубокимъ океаномъ, а вся экваторіальная зона представляетъ сушу. Нѣтъ, однако, никакихъ геологическихъ доказательствъ такого радикальнаго измѣненія формы земли за то время, которое геологи оцѣниваютъ въ 100 000 000 лѣтъ и даже больше.

Спутники Юпитера и Сатурна безъ сомнѣнія производятъ приливы на обѣихъ планетахъ совершенно такъ же, какъ дѣлаетъ это луна на землѣ. Такимъ же образомъ планеты производятъ приливы на солнцѣ. Далѣе, во всѣхъ этихъ случаяхъ тѣла, производящія приливы, обращаются приблизительно въ экваторіальныхъ плоскостяхъ тѣхъ тѣлъ, около которыхъ они движутся, и періоды вращенія и обращенія таковы, что приливы должны производить замедленіе экватора. Но несмотря на то, что эти силы работали вѣроятно нѣсколько десятковъ милліоновъ лѣтъ, въ каждомъ изъ этихъ трехъ случаевъ мы находимъ, что тѣло, на которомъ происходятъ приливы, на своемъ экваторѣ движется скорѣе, а не медленнѣе, чѣмъ у полюсовъ. Эти факты имѣютъ большое

значение особенно потому, что намъ неизвѣстно ни одного примѣра обратнаго.

Интересно, что ни одинъ изъ извѣстныхъ намъ фактовъ не говоритъ въ пользу приливной эволюціи больше, чѣмъ особенности вращенія луны, и ни одинъ фактъ не говоритъ противъ нея сильнѣе, чѣмъ отсутствіе указаній на какое-либо измѣненіе формы земли. Можетъ быть, объясненіе кажущагося противорѣчія лежитъ въ томъ, что характеръ и величина приливныхъ вліяній зависятъ отъ твердости возмущаемаго тѣла и отъ отношенія періода его вращенія къ періоду обращенія того тѣла, которое производитъ приливы. Вязкость луны и ея скорость вращенія, быть можетъ, всегда были въ такомъ отношеніи къ мѣсяцу, что приливы постоянно стремились произвести то положеніе вещей, которое мы наблюдаемъ теперь; тогда какъ, въ силу особыхъ соотношеній между твердостью земли и ея періодомъ вращенія, съ одной стороны, и періодомъ обращенія луны, съ другой, вращеніе земли не измѣнилось замѣтно.

Мы можемъ вывести отсюда заключеніе, что теорія приливной эволюціи основана на здравыхъ началахъ, но что, вслѣдствіе неизвѣстности входящихъ въ нее факторовъ и вслѣдствіе противорѣчій въ тѣхъ указаніяхъ, которыя даютъ наблюденія, ея вліяніе на эволюцію системы

въ настоящее время не можетъ быть оцѣнено правильно.

Факты, подтверждающіе гипотезу Лапласа—Слѣдующія явленія согласуются съ теоріей Лапласа (и можетъ быть, также и съ другими теоріями) и были причиной того, что ее приняли всѣ:

1. Всѣ планеты обращаются приблизительно въ одной и той же плоскости и въ томъ же направленіи.

2. Всѣ ихъ орбиты очень близки къ кругамъ.

3. Солнце вращается въ томъ же направленіи, въ какомъ движутся планеты.

4. Плоскости экваторовъ планетъ и орбиты ихъ спутниковъ почти совпадаютъ съ плоскостями самихъ планетныхъ орбитъ (за исключеніемъ Урана и Нептуна).

5. Спутники обращаются въ томъ же направленіи, въ какомъ вращаются ихъ планеты (недавно открытые девятый спутникъ Сатурна и—вѣроятно—седьмой спутникъ Юпитера представляютъ исключенія, положенія же плоскостей экваторовъ Урана и Нептуна неизвѣстны).

6. Согласно контракціонной теоріи солнечной теплоты это свѣтило нѣкогда было гораздо больше, чѣмъ теперь.

Согласіе этихъ фактовъ съ тѣмъ, къ чему должна приводить теорія Лапласа, очевидно. Есть много другихъ фактовъ, которые повидимому со-

гласуются съ этой теоріей, но которые не составляютъ ея необходимыхъ слѣдствій.

Факты, противорѣчащіе гипотезѣ Лапласа—Уже много лѣтъ астрономы затрудняются согласовать гипотезу Лапласа со всѣми явленіями солнечной системы. Наиболѣе строгій опубликованный разборъ самыхъ важныхъ въ этомъ отношеніи фактовъ и принциповъ содержится въ работахъ Чэмберлина и автора настоящихъ строкъ, появившихся въ 1900 году *). Въ этомъ разборѣ была указана необходимость отбросить теорію колецъ въ виду ея несогласія съ нѣкоторыми данными наблюденій и съ основами динамики. Нѣкоторыя изъ этихъ явленій, противорѣчащихъ теоріи, мы теперь перечислимъ и вкратцѣ разберемъ. Главнѣйшими изъ нихъ являются:

1. Теорія колецъ не объясняетъ значительныхъ взаимныхъ наклоновъ плоскостей планетныхъ орбитъ и наклона плоскости солнечнаго экватора къ общей плоскости всей системы.

2. Теорія колецъ не даетъ объясненія эксцентритетовъ планетныхъ орбитъ.

3. Орбиты астероидовъ противорѣчаютъ теоріи колецъ.

*) *Chamberlin*, „An Attempt to test the Nebular Hypothesis by the Relations of Masses and Moments“, *Journal of Geology*, февраль—мартъ 1900; *Moulton*, „An Attempt to test the Nebular Hypothesis by an Appeal to the Laws of Dynamics“, *Astrophysical Journal*, мартъ 1900. *Авторъ*.

4. Скорости обращенія Фобоса и внутреннихъ частицъ Сатурнова кольца не получаютъ удовлетворительнаго объясненія.

5. Остается безъ объясненія присутствіе легкихъ химическихъ элементовъ на землѣ.

6. Рядъ колецъ не могъ оторваться.

7. Кольцо не могло уплотниться въ планету.

8. Количество движенія нынѣшней системы менѣе $1/200$ количества движенія предполагаемой первичной туманности.

9. Обратныя движенія девятаго спутника Сатурна и (вѣроятно) седьмого спутника Юпитера прямо противорѣчатъ этой теоріи.

Эти положенія требуютъ нѣкоторыхъ поясненій.

Наклоны плоскостей планетныхъ орбитъ—Гипотеза Лапласа предполагала, что первичная солнечная туманность сохраняла свои размѣры почти исключительно вслѣдствіе стремленія газовъ къ расширенію. Во введеніи къ своимъ изслѣдованіямъ о механическихъ условіяхъ метеорнаго роя Дарвинъ говоритъ: „Но въ самой основѣ небулярной (Лапласовой) гипотезы лежитъ представленіе о давленіи жидкости, такъ какъ безъ него идея фигуры равновѣсія становится неприменимой“. Въ этомъ мемуарѣ Дарвинъ показалъ, что метеорный рой (частный случай котораго представляетъ туманность), каковы бы ни были первона-

чальныя неправильности, вскорѣ долженъ начать вращаться, какъ твердое тѣло. Изъ этого слѣдуетъ, что всѣ планетныя орбиты должны лежать въ одной плоскости или, по крайней мѣрѣ, орбиты внутреннихъ планетъ и плоскость солнечнаго экватора могутъ отличаться другъ отъ друга только очень немного или даже совсѣмъ не должны отличаться. На самомъ дѣлѣ, однако, различія въ наклонахъ плоскостей планетныхъ орбитъ вблизи солнца не только значительны, но даже гораздо больше взаимныхъ наклоновъ у большихъ планетъ, а плоскость солнечнаго экватора наклонена къ общей плоскости всей системы на нѣсколько градусовъ.

Эксцентриситеты планетныхъ орбитъ—Въ виду тѣхъ необходимыхъ условій, которыя ставитъ теорія Лапласа, орбиты планетъ должны быть очень близки къ кругамъ и тѣмъ ближе къ нимъ, чѣмъ ближе планета къ солнцу. Но въ дѣйствительности, тогда какъ орбита Нептуна очень близка къ кругу, орбита Меркурія слишкомъ вдвое эксцентричнѣе, чѣмъ у какой бы то ни было другой планеты. Общія условія можно характеризовать тѣмъ, что въ среднемъ орбиты планетъ типа земли слишкомъ вдвое эксцентричнѣе орбитъ большихъ планетъ.

Орбиты планетоидовъ—Изъ кольцевой теоріи слѣдуетъ, что орбиты всѣхъ членовъ системы

должны замѣтно отдѣляться другъ отъ друга. Наблюденіе показываетъ, что орбиты, по меньшей мѣрѣ, 530 астероидовъ перепутываются другъ съ другомъ въ высшей степени сложнымъ образомъ: однѣ изъ нихъ лежатъ почти въ плоскости эклиптики, тогда какъ другія сильно наклонены къ ней; и между тѣмъ какъ однѣ представляютъ почти совершенные круги, другія чрезвычайно удлинены. Несомнѣнно, что возмущенія, производимыя притяженіемъ Юпитера, могли нарушить первоначальное расположеніе, но едвали возможно, чтобы нынѣшнія условія могли развиваться подъ вліяніемъ этихъ возмущеній, если орбиты первоначально были концентрическими кругами, а вещество нѣкогда обращалось около солнца въ формѣ круглаго кольца.

Кромѣ того, орбита планетоида Эроса*) подходитъ къ земной орбитѣ и заходитъ за орбиту Марса. Не менѣе замѣчателенъ съ точки зрѣнія

*) Тогда какъ орбиты всѣхъ планетоидовъ помѣщаются между Марсомъ и Юпитеромъ, среднее разстояніе отъ солнца открытаго въ 1898 г. Эроса меньше, чѣмъ у Марса. Но орбита Эроса очень эксцентрична и потому при своемъ наибольшемъ удаленіи отъ солнца Эросъ выходитъ за предѣлы орбиты Марса. Съ другой стороны, при наибольшей близости къ солнцу Эросъ можетъ подходить къ землѣ всего на 25 милліоновъ километровъ, тогда какъ Марсъ не подходить ближе 70 милліоновъ километровъ. Ср. Ньюкомъ, *Астрономія для всѣхъ*, стр. 165.

гипотезы Лапласа и значительный наклонъ его орбиты (10^0) къ орбитамъ земли и Марса.

Скорость обращенія Фобоса и внутреннихъ частей кольца Сатурна—Согласно кольцевой теоріи періоды вращенія планетъ должны быть короче періодовъ обращенія всѣхъ ихъ спутниковъ, такъ какъ планета, продолжая сокращаться послѣ отдѣленія послѣдняго кольца, должна была постоянно ускорять свое вращеніе. Но Фобосъ обращается въ болѣе короткое время, чѣмъ то, котораго требуетъ вращеніе Марса, и аналогично—частицы, составляющія внутреннюю часть Сатурнова кольца, совершаютъ свое обращеніе быстрее, чѣмъ вращается эта планета. Если объяснять первое приливной эволюціей, то приливное дѣйствіе Фобоса вводитъ еще болѣе трудность; для объясненія второго факта подобнымъ же образомъ нужно допустить, что Сатурнъ въ 3000 старѣе Марса (см. выше).

Удаленіе съ колецъ легкихъ газовъ—Послѣ своего отдѣленія каждое кольцо должно было занимать такое большое пространство, что взаимныя притяженія его частицъ могли быть только чрезвычайно ничтожными; а потому, согласно кинетической теоріи газовъ, всѣ болѣе легкіе элементы должны были уйти съ него. Но самый легкій изъ извѣстныхъ элементовъ, водородъ, находится на землѣ въ изобиліи, хотя въ настоящее время только въ химическомъ соединеніи съ другими элементами.

Отдѣленіе колець — Легко упустить изъ виду тотъ фактъ, что предполагаемая туманность должна была быть чрезвычайно разрѣженной. По сдѣланнымъ предположеніямъ она должна была имѣть въ центрѣ бѣольшую плотность, чѣмъ у внѣшнихъ краевъ. Но если мы предположимъ, что первичная туманность была однородна и достигала орбиты Нептуна, то мы найдемъ, что ея плотность составляла только одну 250 000 000-ую долю плотности воздуха на уровнѣ моря. Кольцо, давшее планету Нептунъ, не могло имѣть даже и этой плотности, которая сама уже въ нѣсколько разъ меньше наилучшей пустоты, какой мы можемъ достичь въ нашихъ лабораторіяхъ. Но при такой разрѣженности между частицами туманности не было бы сѣѣпленья и она могла бы дѣлиться только понемногу, отдѣльными частицами. Разъ начавшись, этотъ процессъ долженъ былъ бы повидимому быть безостановочнымъ, а не прерывнымъ, какъ предполагаетъ теорія. Теорія Лапласа утверждаетъ, что послѣ отдѣленія кольца туманность дѣлалась устойчивой на долгій періодъ сокращенія. Рошъ (Roche) пытался показать, что съ извѣстными промежутками могли отдѣляться также кольца значительныхъ размѣровъ, но его трудъ въ этомъ вопросѣ далекъ отъ убѣдительности. Всѣ изслѣдователи этого вопроса сильно чувствовали эту трудность. И потому, на примѣръ, Фай (Faye) въ своемъ из-

мѣненіи теоріи Лапласа предполагалъ, что вся туманность разбилась на кольца сразу.

Уплотненіе кольца въ планету — Допустимъ на минуту, что кольца отдѣлились, и посмотримъ, могутъ ли они соединяться въ планеты или нѣтъ. Вещество такого кольца было бы очень разрѣжено и взаимное притяженіе его частей было бы очень слабо. Соотвѣтственное изслѣдованіе показываетъ, что приливныя силы, вызываемыя массой внутренней туманности, дѣйствовали бы гораздо сильнѣе въ смыслѣ разсѣянія вещества, чѣмъ могло бы дѣйствовать собственное притяженіе частицъ кольца въ смыслѣ собиранія матеріала въ планету. Слѣдовательно, туманное кольцо даже не могло бы начать уплотняться въ планету. Здѣсь была бы нѣкоторая аналогія съ кометой, вещество которой подъ дѣйствіемъ приливныхъ силъ совершенно разсѣивается.

Чтобы сдѣлать всевозможныя уступки теоріи колецъ, мы допустимъ, что все вещество кольца собралось уже въ планету за исключеніемъ нѣкоторыхъ чрезвычайно небольшихъ частичекъ, расположенныхъ также въ формѣ кольца, и затѣмъ поставимъ вопросъ, попадутъ ли эти незначительные остатки на планету. Изслѣдованіе съ большою вѣроятностью указываетъ на то, что только та часть кольца, которая лежитъ ближе 60° отъ планеты, можетъ попасть на нее, какой бы длинный

періодъ времени ни взять. Иными словами, если мы допустимъ, что процессъ образованія планеты изъ кольца уже почти кончился, мы найдемъ, что онъ не можетъ завершиться. А это указываетъ на большую невѣроятность того, чтобы само допущенное нами состояніе могло быть достигнуто уплотненіемъ изъ болѣе однороднаго кольца.

Общее количество движенія системы—Какова бы ни была эволюція системы вслѣдствіе взаимодѣйствія ея частей, ея масса и общая сумма количества движенія должны были оставаться постоянными. Еслибы ея энергія не терялась путемъ излученія, то можно было бы прибавить къ этому, что сумма кинетической и потенціальной энергіи также всегда должна была оставаться постоянной.

Гипотеза Лапласа предполагаетъ, что солнечная туманность нѣкогда простиралась по ту сторону орбиты Нептуна и что она находилась въ условіяхъ гидродинамическаго равновѣсія. Ея форма зависѣла отъ скорости вращенія, а плотность отъ ея вращенія и отъ законовъ расширенія газовъ. Еслибы мы знали эту форму и распредѣленіе ея плотности, то мы легко нашли бы ея количество движенія. Пренебрегая вращеніемъ, Риттеръ (Ritter), Гилль (Hill) и Дарвинъ опредѣляли законъ измѣненія плотности. Дѣйствіе вращенія состояло бы только въ сплющиваніи тѣла и въ помѣщеніи большей части его массы дальше отъ

оси. Следовательно, если мы вычислимъ количество движенія, предположивъ, что тѣло представляетъ сферу, плотность которой подчиняется закону, найденному Риттеромъ, Гилломъ и Дарвиномъ, то мы должны получить слишкомъ незначительный результатъ. А такъ какъ количество движенія никогда не мѣняется, то, значить, если система развилась изъ такой первичной туманности, ея дѣйствительное количество движенія должно быть больше этой величины. Но дѣйствительное количество движенія вычислить легко; оказывается, что *это количество не только не больше того, которое было раньше согласно указанному вычисленію, но даже меньше его въ 200 слишкомъ разъ*. Это даетъ рѣшительное указаніе и числовыя разногласія здѣсь такъ велики, что несомнѣнно основное требованіе теоріи Лапласа относительно первоначальныхъ условій системы ошибочно.

Чэмберлинъ представляетъ эту трудность въ иномъ видѣ. Разсмотримъ предполагаемую систему въ тотъ моментъ, когда готово оторваться кольцо Юпитера. Вся масса, по предположенію, должна вращаться, какъ твердое тѣло. Съ отрывомъ Юпитерова кольца отдѣляется 1/1000-ая всей массы. Но количество движенія этого кольца не могло замѣтно измѣниться при послѣдующей эволюціи. Сопротивленіе метеорнаго вещества уменьшало его, тогда какъ дѣйствіе приливовъ, чрезвычайно не-

значительное, увеличивало его. Мы не впадемъ въ замѣтную ошибку, если допустимъ, что кольцо Юпитера обладало тѣмъ же количествомъ движенія, какое имѣетъ теперь сама планета. Но вычисленіе показываетъ, что Юпитеру принадлежитъ 95% количества движенія той части всей системы, которая лежитъ внутри орбиты Сатурна. Такимъ образомъ, теорія Лапласа косвенно утверждаетъ, что туманность, которая вращается, какъ твердое тѣло, и которая находится въ состояніи гидродинамическаго равновѣсія, можетъ отдѣлить кольцо, содержащее только 1/10% массы и 95% всего количества движенія. Это совершенно невѣроятно.

Обратное движеніе девятого спутника Сатурна — Девятый спутникъ Сатурна обращается около своей планеты въ обратномъ направленіи. Съ точки зрѣнія теоріи Лапласа это повидимому невозможно, но думали объяснить это при помощи приливной эволюціи. Основная мысль здѣсь была та, что когда поперечникъ Сатурна былъ больше діаметра орбиты девятого спутника, Сатурнъ вращался въ обратную сторону въ періодъ, отвѣчающій періоду обращенія этого спутника. Уже послѣ отдѣленія девятого спутника приливы, производимые въ этой массѣ солнцемъ, должны были содѣйствовать тому, чтобы къ солнцу была обращена всегда одна и та же сторона туман-

ности Сатурна совершенно такъ же, какъ луна и Япетъ теперь всегда обращены одной и той же стороной къ землѣ и къ Сатурну соответственно. Другими словами, приливы, производимые солнцемъ, должны были по этому предположенію остановить обратное вращеніе Сатурна и дать ему прямое вращеніе съ періодомъ, равнымъ періоду обращенія Сатурна или 29,5 годамъ. Сокращаясь дальше, Сатурнъ долженъ былъ вращаться быстрѣе и остальные его восемь спутниковъ, по этому предположенію, развились изъ колецъ, послѣдовательно отдѣлявшихся уже послѣ того, какъ его вращеніе стало прямымъ.

Но разберемъ этотъ вопросъ внимательнѣе.

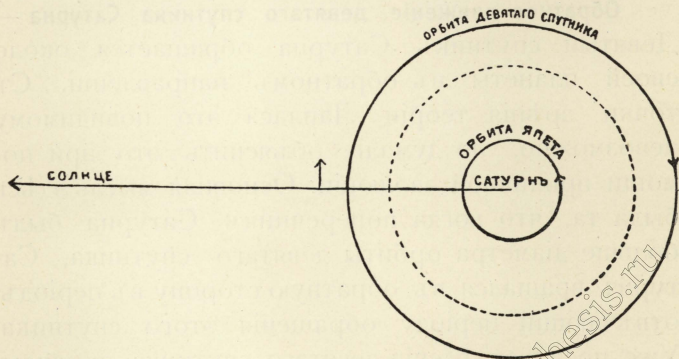


Рис. 2

Когда періодъ вращенія туманной массы равнялся періоду ея обращенія, она занимала пространство,

напримѣръ, указанное на рис. 2 пунктирной линіей. До этого времени производимые солнцемъ приливы увеличивали количество движенія Сатурна, превращая его изъ отрицательной величины въ нѣкоторую положительную. Послѣ этого времени производимые солнцемъ приливы уменьшали это количество движенія, такъ какъ они постоянно замедляли вращеніе. Значить, если теорія вѣрна, то наибольшее количество движенія за всю исторію Сатурновой системы было тогда, когда сутки и годъ породившей ее туманности были равны другъ другу.

Теперь нетрудно перейти къ яснымъ числовымъ результатамъ. Чѣмъ больше былъ обозначенный пунктиромъ кругъ, тѣмъ значительнѣе было и максимальное количество движенія. Чтобы взять крайній случай, допустимъ, что этотъ кругъ былъ такой же величины, какъ орбита девятаго спутника. Въ виду крайней медленности вращенія (1 оборотъ въ 29.5 лѣтъ) форма этой массы должна была быть приблизительно шарообразной. Нашъ результатъ будетъ слишкомъ великъ, если мы примемъ ее за однородную, такъ какъ къ центру она несомнѣнно была плотнѣе. Съ этими допущеніями мы должны получить число, превышающее возможный максимумъ количества движенія.

Когда туманность сократилась до размѣровъ орбиты Япета, то по предположенію она

должна была вращаться во время, равное періоду обращенія Япета. Если мы допустимъ, что она была шарообразна, то соотвѣтственное количество движенія будетъ слишкомъ мало, такъ какъ масса должна была быть слегка сплюсненной. Относительно однородности мы останемся при прежнемъ допущеніи и такимъ образомъ мы найдемъ, что количество движенія теперь должно быть значительно меньше, чѣмъ было раньше, если теорія Лапласа и предложенное объясненіе вѣрны. Вычисленіе показываетъ, однако, что количество движенія теперь въ семь разъ больше вычисленнаго такимъ образомъ. Слѣдовательно, предложенное объясненіе недопустимо и обратное движеніе этого спутника рѣзко противорѣчитъ теоріи Лапласа.

Если седьмой спутникъ Юпитера обращается въ обратномъ направленіи, какъ на это повидимому указываютъ имѣющіяся до сихъ поръ наблюденія, то несогласіе съ теоріей будетъ еще рѣзче, такъ какъ шестой спутникъ Юпитера движется въ прямомъ направленіи почти на томъ же самомъ разстояніи отъ планеты, какъ и седьмой.



Гипотеза спиральной туманности*)

Гипотеза о предшествующихъ условіяхъ нашей солнечной системы — Солнечная система существуетъ и находится въ срединѣ какой-то эволюціи; нашей задачей будетъ прослѣдить эту эволюцію. Какъ мы видѣли, предложенныя уже теоріи не выдерживаютъ критики и возникаетъ вопросъ, возможно ли въ настоящее время формулировать гипотезу, слѣдствія которой были бы въ согласіи съ наблюдаемыми явленіями. Мы дѣлаемъ здѣсь попытку представить такую теорію на сравнительно новыхъ основаніяхъ и дать очеркъ ея главныхъ чертъ **).

*) Профессоръ Чэмберлинъ далъ ей названіе „Планетезимальной гипотезы“ по указаннымъ ниже основаніямъ. Здѣсь мы будемъ ее называть „спиральной гипотезой“ для болѣе рѣзкаго сопоставленія съ кольцевой теоріей Лапласа.

**) Набросанный здѣсь очеркъ является выводомъ изъ указанныхъ раньше мемуаровъ профессора Чэмберлина и автора настоящихъ строкъ. Первый печатный отчетъ объ этой новой теоріи былъ данъ въ мемуарѣ Чэмберлина:

Вмѣсто того чтобы предполагать, что солнечная система сначала была обширной газообразной массой, находившейся въ равновѣсіи подѣ влияніемъ силы тяготѣнія и законовъ расширенія газовъ, спиральная гипотеза предполагаетъ, что вещество, изъ котораго состоятъ солнце и планеты, на предшествующей стадіи своего развитія имѣло форму громаднаго спиральнаго роя отдѣльных частичекъ, положенія и движенія которыхъ опредѣлялись ихъ взаимными притяженіями и ихъ скоростями. Размѣры туманности въ гипотезѣ Лапласа поддерживались свойственнымъ газамъ стремленіемъ къ расширенію, тогда какъ въ настоящей гипотезѣ главнымъ факторомъ являются орбитальныя движенія. Такъ какъ по этому предположенію каждая частица движется почти независимо, какъ планета, то Чэмберлинъ называетъ эту теорію *планетезимальной гипотезой*.

Прежде чѣмъ перейти къ обсужденію того, какъ могъ возникнуть такой спиральный рой частицъ, и къ подробностямъ и достоинствамъ планетезимальной теоріи, нужно обратить вниманіе на то, что среди тысячъ извѣстныхъ намъ туман-

„Fundamental Problems of Geology“, Year-Book № 3 of the Carnegie Institute of Washington. Онъ былъ также изложенъ авторомъ въ *Astrophysical Journal*, октябрь 1905. Труды развитія этой теоріи много помогли пожертвованія изъ фонда Карнеги.

Авторъ.

ностей нѣтъ ни одного примѣра Лапласова туманнаго кольца. Съ другой стороны, туманности въ формѣ спирали очень многочисленны, особенно среди менѣе значительныхъ и слабыхъ туманностей. Фотографіи, сдѣланныя на Ликской обсерваторіи Килеромъ (Keeler) не задолго до его смерти, привели его къ заключенію, что спираль представляетъ нормальный типъ туманности. Онъ говоритъ:

„1. На небѣ существуетъ много тысячъ не занесенныхъ въ каталоги туманностей. Осторожная оцѣнка числа ихъ, доступнаго рефлектору Крослея*), даетъ приблизительно 120 000. Число туманностей, занесенныхъ въ наши каталоги, составляетъ лишь небольшую долю этого.

„2. Эти туманности имѣютъ всевозможные размѣры, начиная съ большой туманности въ Андромедѣ и кончая такими объектами, которые трудно отличить отъ диска слабой звѣзды.

„3. Большинство этихъ туманностей имѣетъ спиральное строеніе... Хотя я долженъ предоставить другимъ оцѣнку важности этихъ заключеній, мнѣ кажется, что они имѣютъ непосредственное значеніе для многихъ, если не для всѣхъ вопросовъ космогоніи. Если, напримѣръ, спираль представляетъ нормальную форму, которую прини-

*) Короткофокусный 36-дюймовый рефлекторъ работы Calver'a, подаренный Ликской обсерваторіи Крослеемъ.

маетъ при сокращеніи туманная масса, то сейчасъ же возникаетъ мысль, что солнечная система развилась именно изъ такой спиральной туманности, хотя фотографіи показываютъ, что спираль вообще не характеризуется той простотой, которую приписываетъ сокращающейся массѣ гипотеза Лапласа. Этотъ вопросъ уже былъ поднятъ Чэмберлиномъ и Мультономъ, изъ Чикагскаго университета“.

Между развѣтвленіями спиральныхъ туманностей замѣчаются пустыя пространства (рис. 3) и очевидно, если распредѣленіе вещества въ нихъ хотя приблизительно такое, какимъ оно кажется нашему глазу, то ихъ формы обязаны своимъ сохраненіемъ всецѣло движеніямъ отдѣльныхъ частей, а не давленію газовъ.

Возможное происхожденіе спиральныхъ туманностей — Теорія развитія солнечной системы изъ спиральной туманности стоитъ почти независимо отъ гипотезъ о происхожденіи самой этой спирали. Тѣмъ не менѣе, Чэмберлинъ указалъ возможный и даже вѣроятный способъ происхожденія этихъ замѣчательныхъ формъ; и для того чтобы имѣть въ основѣ опредѣленную теорію, мы примемъ, по крайней мѣрѣ предварительно, что спиральная туманность нашего солнца развилась именно этимъ путемъ.

Звѣзды движутся другъ относительно друга

часто съ очень большими скоростями и повидимому во всѣхъ направленіяхъ. Отсюда слѣдуетъ,

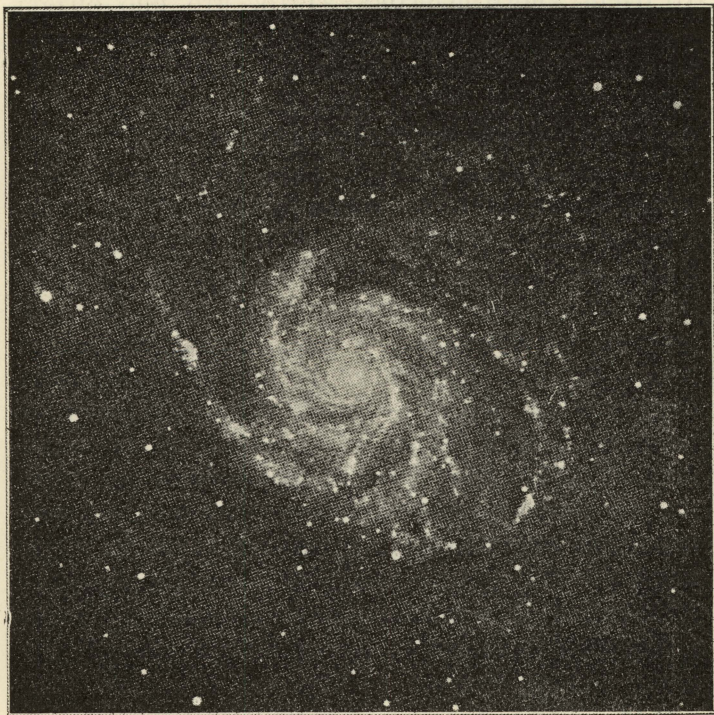


Рис. 3. Спиральная туманность М. 101 въ Большой Медвѣдицѣ (по фотографіи Ричи на Йеркской обсерваторіи).

что съ теченіемъ времени, можетъ быть, даже чрезвычайно долгаго, онѣ могутъ подходить очень

близко къ другимъ звѣздамъ или даже сталкиваться съ ними. Если произойдетъ столкновение, то очень много шансовъ за то, что оно будетъ боковое, а не центральное, и такимъ образомъ получится спираль; но шансовъ просто значительнаго сближенія будетъ несравненно больше и мы будемъ говорить здѣсь только о такомъ случаѣ.

Когда два большихъ тѣла сближаются, они производятъ другъ въ другѣ огромныя приливныя напряженія, которыя, согласно изслѣдованіямъ Роша, совершенно разрываютъ ихъ, когда разстояніе тѣлъ становится меньше, чѣмъ сумма ихъ радіусовъ, помноженная на 2'44... Но мы предположимъ, что эта граница не достигнута. Въ такомъ случаѣ подъ вліяніемъ однихъ только приливныхъ напряженій эти тѣла не раздробятся на части; однако, когда эти силы присоединятся къ стремленію частицъ газообразныхъ тѣлъ высокой температуры отталкиваться другъ отъ друга, то почти навѣрно эти массы дѣйствительно взорвутся и разойдутся на большія разстоянія. Здѣсь будетъ нѣкоторая аналогія съ эруптивными протуберанцами солнца, только въ гораздо большемъ масштабѣ. Такіе взрывы будутъ происходить въ направленіяхъ наибольшихъ возмущающихъ силъ. Изъ свойствъ силъ, производящихъ приливы, слѣдуетъ, что эти силы направлены прямо къ производящему приливы тѣлу и прямо отъ него. Еслибы

это вещество оставалось невозмущеннымъ, то оно падало бы прямо назадъ на то тѣло, изъ котораго вырвалось. Однако тѣло, вызывающее приливъ, превратить его орбиту, какъ мы увидимъ, въ эллипсъ.

Возмущающее ускореніе—Прежде чѣмъ разсматривать возмущающее дѣйствіе одного солнца на вещество, выброшенное изъ другого, мы предварительно рассмотримъ теперь характеръ этого возмущающаго ускоренія.

Пусть S и S' будутъ два солнца и пусть мы относимъ движеніе S' къ S , изъ котораго по предположенію выбрасывается вещество. Предположимъ, что S' движется около S по параболической или гиперболической орбитѣ (рис. 4).

Разсмотримъ небольшую массу вещества въ P и найдемъ возмущающее ускореніе, сообщаемое ей массою S' . Пусть \overline{SA} представляетъ ускореніе притяженія массою S' массы S по величинѣ и направленію. Пусть \overline{PB} представляетъ по направленію и величинѣ ускореніе, сообщаемое массою S' массѣ P . Такъ какъ S' ближе къ P , чѣмъ къ S , то \overline{PB} длиннѣе, чѣмъ \overline{SA} . А такъ какъ притяженіе измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія, то

$$\overline{SA} : \overline{PB} = \frac{1}{SS'^2} : \frac{1}{PS'^2}.$$

Разложимъ теперь \overline{PB} на двѣ слагающихъ,

одна изъ которыхъ пусть будетъ равна и параллельна \overline{SA} . Именно, пусть \overline{PC} будетъ проведена равной и параллельной \overline{SA} ; ускорение \overline{PB} представитъ результирующую двухъ ускорений \overline{PC} и \overline{PD} . Но относительныя положенія S и P не измѣняются отъ дѣйствія равныхъ параллельныхъ ускорений \overline{SA} и \overline{PC} . Значитъ, возмущающимъ ускореніемъ явится другая слагающая \overline{PD} . Соотвѣтственный чертежъ приведенъ и для того случая, когда частица находится гдѣ-нибудь въ точкѣ P' .

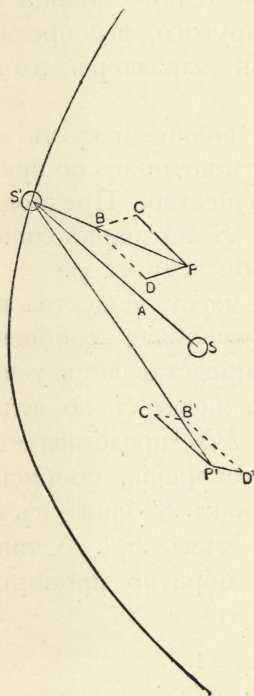


Рис. 4.

Въ результатѣ получается, что возмущающая слагающая ускоренія *всегда* направлена въ сторону линіи, соединяющей S и S' .

Развитіе эллиптическихъ орбитъ у частицъ, выброшенныхъ изъ солнца по прямымъ линіямъ — Предположимъ, что изъ S по направленію къ S' выброшена небольшая масса. Довольно значительное время она будетъ двигаться отъ S почти по прямой

линии. Тѣмъ временемъ S' будетъ двигаться по своей орбитѣ дальше и условія станутъ аналогичными представленнымъ на рис. 4. Изъ свойствъ возмущающей силы слѣдуетъ, что малая масса будетъ увлекаться въ направленіи обращенія S' . Величина этого отклоненія зависитъ отъ величины массы S' , эксцентрицитета ея орбиты, степени сближенія ея съ S' , ея разстоянія отъ перигелія *) въ тотъ моментъ, когда вещество выбрасывается, и отъ скорости, съ которой оно выбрасывалось. Вычисленіе кривыхъ, которыя получаютъ въ каждомъ частномъ случаѣ, представляетъ трудную и кропотливую работу. Но, какъ указываютъ сдѣланные пока вычисленія, выброшенные массы, послѣ того какъ S' уйдетъ на такое разстояніе, что его возмущающее дѣйствіе уже не будетъ играть роли, будутъ двигаться по эллиптическимъ орбитамъ. Совершенно тѣ же замѣчанія относятся и къ веществу, выброшенному изъ S въ направленіи, противоположномъ S' .

Образованіе спиральной туманности—Мы предполагаемъ, что вещество будетъ выбрасываться изъ S много разъ, пока S' будетъ проходить вблизи

*) Перигеліемъ называется точка, въ которой свѣтило бываетъ на наименьшемъ разстояніи отъ солнца. Точка, въ которой разстояніе свѣтила отъ солнца наибольшее, называется афеліемъ. Перигелій и афелій называются апсидами, а прямая, проходящая чрезъ нихъ, линіей апсидъ.

S . Отдѣльныя части его должны при этомъ описывать пути, указанные пунктирными линиями на рис. 5. Частицы, выброшенные въ то время, когда масса S' была еще на далекомъ разстояннн, двигались по короткимъ кривымъ, отмѣченнымъ 1 и 1'. Съ приближеніемъ массы S' къ ея перигелію, вещество выбрасывалось съ болѣе значительными скоростями и описывало кривыя, отмѣченныя 2 и

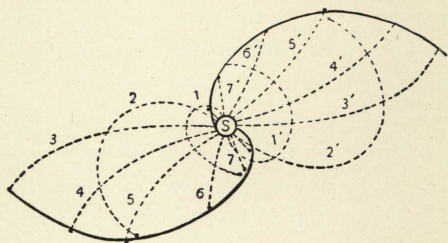


Рис. 5.

2'. Частицы, которыя описывали пути 3 и 3', были выброшены въ тотъ моментъ, когда масса S' была ближе всего къ S . Остальныя пути принадлежатъ частицамъ, покинувшимъ S уже послѣ того, какъ масса S' прошла чрезъ перигелій и когда ея разстояніе отъ S уже возрастало. Эти кривыя короче и слегка походятъ на тѣ кривыя, которыя были описаны первыми выброшенными частицами. Смотря на какую-нибудь спиральную

туманность, мы видимъ, разумѣется, не тѣ пути, которыя описывали отдѣльныя массы, а тѣ положенія, которыя онѣ занимаютъ въ данный моментъ. Если мы проведемъ въ разсматриваемомъ случаѣ сплошную кривую чрезъ тѣ области, гдѣ вещество туманности должно имѣть наибольшую плотность, то эта кривая представитъ нѣчто вродѣ двойной спирали, указанной на черт. 5 толстыми линіями. Тамъ и сямъ вдоль этихъ вѣтвей спирали будутъ попадаться узлы, отвѣчающіе тѣмъ моментамъ, когда изъ S выбрасывались болѣе значительныя массы, а все остальное пространство будетъ болѣе или менѣе заполнено веществомъ, находящимся въ состояніи пыльного тумана. Нужно помнить опять-таки, что все это вещество движется не по вѣтвямъ спирали, а по орбитамъ, пересѣкающимъ эти вѣтви подъ большими углами. Частицы, движущіяся по меньшимъ орбитамъ, будутъ двигаться быстрѣе болѣе далекихъ, и спираль съ теченіемъ времени должна закручиваться все сильнѣе, пока ея спиральный характеръ не потеряется совершенно. На фотографіяхъ спиральныхъ туманностей почти всегда можно прослѣдить двѣ вѣтви (рис. 6) и то обстоятельство, что мы не знаемъ достовѣрно ни одной туманности съ инымъ числомъ вѣтвей, представляетъ замѣчательный фактъ. Почти несомнѣнно также, что получаемая на фотографіяхъ спираль-



Рис. 6.—Спиральная туманность въ Борзыхъ Собакахъ
(М. 51) съ двумя вѣтвями. По фотографіи Йеркесской
обсерваторіи.

няя туманности гораздо больше той туманности, изъ которой могла развиваться наша система.

Развитіе солнечной системы изъ спиральной туманности—Теперь мы разберемъ слѣдствія той гипотезы, что солнечная система развилась изъ спиральной туманности только что разсмотрѣннаго типа, и сравнимъ эти результаты съ извѣстными намъ дѣйствительными условіями нашей системы.

Для простоты изложенія мы будемъ говорить утвердительно, какъ будто эволюція этой системы не представляетъ дальнѣйшихъ вопросовъ и мы какъ бы просто передаемъ исторію этого развитія. Мы снова пересмотримъ въ связи съ этой спиральной теоріей всѣ тѣ явленія, которыя подтверждали гипотезу Лапласа или противорѣчили ей, какъ было указано выше.

Происхожденіе планетъ — Различныя планеты выросли изъ первичныхъ узловъ туманности путемъ постепеннаго привлеченія болѣе мелкихъ частицъ, орбиты которыхъ перекрещивали ихъ орбиты или проходили близъ нихъ. Болѣе значительные узлы и особенно тѣ изъ нихъ, которые проходили по областямъ, болѣе богатымъ туманнымъ веществомъ, дали начало болѣе значительнымъ планетамъ. При этихъ условіяхъ естественно ожидать замѣтныхъ неправильностей въ распределеніи массъ, чѣмъ обратнаго. Планетоиды

образовались изъ массы вещества, въ которой не было значительныхъ доминирующихъ узловъ.

Происхожденіе спутниковъ — Когда планетные узлы покидали солнце, ихъ сопровождали менѣе значительные вторичные узлы. Тѣ изъ вторичныхъ узловъ, которые обладали большими скоростями относительно своего главнаго узла, ускользали изъ подъ вліянія его тяготѣнія и становились независимыми тѣлами. При незначительныхъ относительныхъ скоростяхъ они падали на главные узлы. При нѣкоторыхъ же среднихъ скоростяхъ они становились спутниками.

Плоскости планетныхъ орбитъ — Плоскости планетныхъ орбитъ лежатъ очень близко къ плоскости орбиты массы S' . Ясно, что различія этихъ плоскостей возможны въ силу различныхъ условий, опредѣляющихъ направленіе выбрасыванія, и что наибольшаго уклоненія можно ожидать въ самой близкой планетѣ, вещество которой находилось подъ вліяніемъ массы S' наименѣе продолжительное время. Кромѣ того, процессъ собиранія разсѣяннаго вещества, которое въ общемъ должно было распредѣлиться симметрично относительно плоскости орбиты S' , долженъ былъ стремиться приводить плоскости орбитъ различныхъ тѣлъ къ совпаденію. Вообще, чѣмъ сильнѣе увеличивался данный узелъ, собирая разсѣянное ве-

щество, тѣмъ ближе плоскость его орбиты совпала съ общей плоскостью системы.

Обращаясь къ даннымъ наблюдений, мы дѣйствительно находимъ, что орбита Меркурія наклонена къ средней плоскости системы больше, чѣмъ орбита какой бы то ни было другой планеты. Затѣмъ, орбиты всѣхъ большихъ планетъ лежатъ приблизительно въ одной плоскости. Съ другой стороны, плоскости орбитъ планетоидовъ часто имѣютъ значительный наклонъ. Такъ, напримѣръ, орбита Эроса наклонена къ орбитамъ земли и Марса на 10° приблизительно — необъяснимый фактъ въ теоріи Лапласа.

Вращеніе и экваторіальное ускореніе солнца — Нынѣшнее вращеніе солнца является результатомъ его вращенія до появленія массы S' и возмущеній, произведенныхъ этимъ тѣломъ. Его первоначальная ось вращенія намъ неизвѣстна, но въ высшей степени невѣроятно, что она была строго перпендикулярна къ плоскости движенія массы S' . Возмущенія, произведенныя массою S' во вращеніи массы S , были двоякаго рода. Во-первыхъ, масса S' произвела на S огромный приливъ, который она увлекала за собою по поверхности S въ направленіи своего движенія. Такимъ образомъ, эта масса сообщила солнцу большое количество движенія около оси, перпендикулярной къ плоскости орбиты S' , и съ тѣхъ поръ это коли-

чество движенія оставалось постояннымъ. Во-вторыхъ, значительное количество того вещества, которое было выброшено въ это время, и прямолинейная орбита котораго была обращена въ эллиптическую, должно было имѣть наименьшее (перигельное) разстояніе отъ солнца меньше радіуса массы S ; слѣдовательно, это вещество должно было снова падать на солнце и притомъ неизбежно

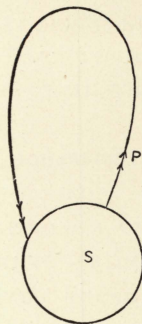


Рис. 7. Выброшенное изъ S вещество, падая обратно на солнце, увеличиваетъ его количество движенія въ направленіи движенія S' .

такъ, что количество движенія солнца около той же оси увеличивалось (рис. 7). Быть можетъ, эта причина оказала даже большее вліяніе на солнечное вращеніе, чѣмъ первая. Отсюда, въ виду того, что нынѣшнее вращеніе солнца есть равнодѣйствующая его первоначальнаго вращенія и этихъ

возмущающих факторовъ, мы должны ожидать, что солнечный экваторъ лежитъ близко къ средней плоскости планетныхъ орбитъ, не совпадая однако съ нею вполне.

Оба только что упомянутые фактора въ экваторіальной зонѣ играли болѣе важную роль, чѣмъ въ другихъ областяхъ. Такимъ образомъ, на солнцѣ съ самаго начала возникло экваторіальное ускореніе, не уничтоженное треніемъ нижнихъ частей и до сихъ поръ. Солнечныя пятна появляются въ тѣхъ зонахъ, гдѣ относительныя

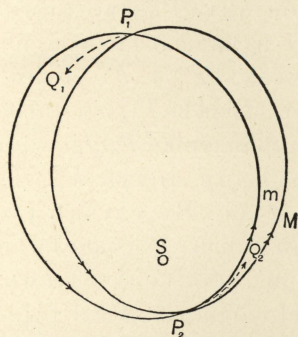


Рис. 8. Уменьшеніе эксцентриситета орбиты планетнаго узла въ силу столкновеній.

движенія различныхъ слоевъ больше всего, и вѣроятно ихъ происхожденіе связано какимъ-то образомъ съ этими относительными движеніями.

Незначительность эксцентриситетовъ планетныхъ орбитъ—Эксцентриситеты орбитъ первичныхъ пла-

нетныхъ узловъ въ среднемъ были несомнѣнно больше, чѣмъ эксцентрицитеты орбитъ нынѣшнихъ планетъ. Причиной этого уменьшенія эксцентрицитета было собираніе разсѣяннаго вещества. Этотъ вопросъ представляетъ нѣкоторыя трудности и въ элементарномъ видѣ невозможно разобрать его детально. Мы укажемъ, однако, общій ходъ этихъ соображеній и остановимся подробно на самомъ важномъ случаѣ.

Изъ способа образованія спирали вытекаетъ, что ея отдѣльныя тѣла двигались по чрезвычайно различнымъ орбитамъ. Разсмотримъ орбиты первичнаго узла M и малаго тѣла m , пересѣкающаго первую въ точкахъ P_1 и P_2 . Если столкновение произойдетъ въ точкѣ P_1 , то тѣло M станетъ двигаться по направленію P_1Q_1 ; если же столкновение произойдетъ въ точкѣ P_2 , то оно пойдетъ по направленію P_2Q_2 . Въ случаѣ столкновения въ точкѣ P_1 орбита тѣла M станетъ пересѣкать радіусъ подъ угломъ, болѣе близкимъ къ прямому, чѣмъ раньше. Но одного этого было бы недостаточно для того, чтобы орбита стала болѣе близкой къ кругу, такъ какъ скорость въ круговой орбитѣ, проходящей чрезъ точку P_1 , больше, чѣмъ въ эллиптическихъ орбитахъ, также проходящихъ чрезъ эту точку. Если столкновение произойдетъ въ точкѣ P_2 , то орбита будетъ пересѣкать радіусъ подъ болѣе острымъ угломъ, чѣмъ

до столкновения. Но это не означает непременно, что орбита станет эксцентричнѣе, такъ какъ для этой точки скорость въ эллиптической орбитѣ опять-таки будетъ больше скорости въ круговой орбитѣ. Это вытекаетъ изъ уравненія небесной механики для квадрата скорости *).

Разсмотримъ теперь случай, когда первичный узелъ M движется по извѣстной орбитѣ, полуось которой есть a_0 , а эксцентрицитетъ e_0 . Предположимъ далѣе, что существуетъ незначительная масса m , которая движется по эллипсу съ такой же полуосью a_0 и съ такимъ же эксцентрицитетомъ e_0 . Мы ничѣмъ не ограничиваемъ условій пересѣченія этихъ двухъ эллипсовъ и должны рѣшить задачу о томъ, какое дѣйствіе на эксцентрицитетъ орбиты M произведетъ соединеніе, посредствомъ столкновения, массъ M и m . Этотъ случай представляетъ наибольшую важность, такъ какъ каждый узелъ движется въ области богатой частицами вещества, которыя описываютъ подобныя же орбиты, и шансы встрѣчи должны быть больше всего, когда орбиты наиболѣе сходны. Для рѣшенія этого вопроса нужно сравнить кинетическую энергію этихъ двухъ тѣлъ до столкновения и не-

*) А именно,

$$v^2 = \frac{2}{r} - \frac{1}{a}, \quad (1)$$

гдѣ масса солнца принята за единицу и a есть большая полуось орбиты. (Авторъ)

посредственно послѣ него. Такое сравненіе показываетъ, что большая полуось новой орбиты должна быть меньше, чѣмъ старой *).

*) Въ самомъ дѣлѣ, кинетическая энергія этихъ двухъ тѣлъ до ихъ соединенія составляетъ

$$\frac{1}{2} (Mv_0^2 + mv^2),$$

гдѣ v_0 и v представляютъ скорости M и m въ моментъ, предшествующій столкновению. Ихъ кинетическая энергія послѣ соединенія будетъ

$$\frac{1}{2} (M + m) V^2,$$

гдѣ V есть общая скорость соединившихся массъ. Но послѣ соединенія кинетическая энергія должна быть меньше, чѣмъ до него, такъ какъ нѣкоторая часть ея при столкновении неизбежно обращается въ теплоту. Слѣдовательно,

$$Mv_0^2 + mv^2 > (M + m) V^2.$$

Отсюда для момента, непосредственно слѣдующаго за столкновениемъ, мы въ силу соотношенія (1) стр. 58 можемъ написать :

$$M \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a_0} \right) + m \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a_0} \right) > (M + m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right),$$

гдѣ a есть полуось новой орбиты. Изъ этого неравенства вытекаетъ, что

$$\frac{M + m}{a_0} < \frac{M + m}{a} \quad (2)$$

или

$$a < a_0.$$

Величина r имѣетъ одно и то же значеніе въ обѣихъ частяхъ, такъ какъ разстояніе обоихъ тѣлъ отъ солнца въ моментъ, предшествующій столкновению, равно ихъ разстоянію въ моментъ послѣ столкновения. (Авторъ)

Съ другой стороны, въ небесной механикѣ доказывается, что сумма произведеній массъ на площадныя скорости есть величина постоянная и притомъ независимая отъ того, происходитъ ли столкновение или нѣтъ (эти положенія могутъ слегка измѣняться, если измѣняется вращеніе массы M). Это положеніе есть лишь иная форма того, что общее количество движенія системы неизмѣнно. И изъ него уже нетрудно вывести, что эксцентрицитетъ новой орбиты будетъ меньше эксцентрицитета старой^{*)}).

Этотъ результатъ вѣренъ независимо отъ того, какъ возмущались движенія этихъ тѣлъ взаимнымъ тяготѣніемъ до столкновения. Такимъ образомъ, мы получаемъ слѣдующій общій результатъ: *Если два тѣла, орбиты которыхъ имѣютъ одинаковыя большія оси и одинаковые эксцентрицитеты, подвержены только взаимнымъ возмущеніямъ и послѣ столкновения соединяются какимъ-нибудь образомъ, то орбита общей массы*

*) Равенство количествъ движенія до и послѣ столкновения можно выразить формулой

$$M \sqrt{a_0 (1 - e_0^2)} + m \sqrt{a_0 (1 - e_0^2)} = (M + m) \sqrt{a (1 - e^2)}. \quad (3)$$

Такъ какъ $a < a_0$, то

$$\sqrt{1 - e_0^2} < \sqrt{1 - e^2},$$

откуда

$$e < e_0.$$

(Авторъ)

будетъ меньше эксцентрична, чѣмъ первоначальная орбита. Если условія равенства осей и эксцентритетовъ приблизительно выполняются, то этотъ результатъ будетъ получаться въ огромномъ большинствѣ случаевъ.

Будутъ конечно и такіе случаи, когда столкновение будетъ увеличивать эксцентритетъ орбиты планетнаго узла, но эти случаи будутъ сравнительно очень рѣдки, если только вещество не распредѣляется какимъ-нибудь особеннымъ образомъ. Отсюда слѣдуетъ, что, чѣмъ больше узелъ захватилъ разсѣяннаго вещества, тѣмъ болѣе близкой къ кругу должна быть его орбита. И дѣйствительно, наименьшая изъ всѣхъ планетъ, Меркурій, имѣетъ орбиту, эксцентритетъ которой слишкомъ вдвое больше, чѣмъ у какой бы то ни было другой планеты, а ближайшая къ ней по величинѣ планета Марсъ имѣетъ и наиболѣе близкій къ Меркуріеву эксцентритетъ. Орбиты планетъ типа земли въ среднемъ слишкомъ вдвое болѣе эксцентричны, чѣмъ орбиты большихъ планетъ. Въ рѣзкомъ противорѣчій съ незначительностью эксцентритетовъ планетныхъ орбитъ стоятъ эксцентритеты орбитъ планетоидовъ, средняя величина которыхъ у нихъ втрое больше среднего эксцентритета всѣхъ большихъ планетъ. Приблизительно у одного изъ каждаго четырехъ астероидовъ орбита эксцентричнѣе, чѣмъ у Меркурія,—фактъ

совершенно необъяснимый въ теоріи Лапласа. Въ излагаемой теперь теоріи тотъ фактъ, что орбиты этихъ небольшихъ тѣлъ переплетаются другъ съ другомъ весьма сложнымъ образомъ, не представляетъ ничего особеннаго.

Вращеніе планетъ—Характеръ вращенія планеты зависитъ отъ направленія и скорости вращенія ея первичнаго узла, съ одной стороны, и отъ дѣйствія столкновеній ея съ частицами разсѣяннаго вещества, съ другой. Нѣтъ повидимому никакихъ основаній предполагать опредѣленное направленіе вращенія въ первичномъ узлѣ или предполагать, что его угловая скорость была велика. Чэмберлинъ выдвинулъ и развилъ мысль, что вращательное движеніе приняло прямое направленіе вслѣдствіе столкновеній, и мы теперь рассмотримъ этотъ вопросъ.

Для простоты можно предположить, что нашъ узелъ обращается около солнца по кругу, хотя разсужденіе по существу не измѣнилось бы и при отсутствіи этого условія. Предположимъ, что узелъ *М* обращается вокругъ солнца такъ, что проходить пространство между кривыми *a* и *b*, а центръ его движется по кругу *c*. Мы раздѣлимъ орбиты частицъ разсѣяннаго вещества на три класса. Первый классъ будетъ состоять изъ тѣхъ частицъ, афеліи которыхъ не выходятъ за предѣлы *c*; второй классъ будетъ содержать тѣ частицы, кото-

рыхъ перигелии лежатъ внутри круга c , а афелии внѣ этого круга; въ третій классъ войдутъ тѣ частицы, орбиты которыхъ лежатъ совершенно внѣ круга c . На рис. 9 эти орбиты означены соответственно (1), (2), (3).

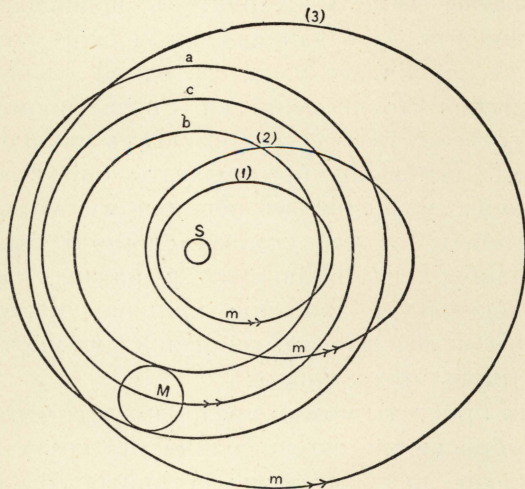


Рис. 9. Столкновения частицъ разсѣяннаго вещества сообщаютъ планетамъ вращенія въ прямомъ направленіи.

Изъ уравненія (1) стр. 58 слѣдуетъ, что въ моментъ столкновения небольшія тѣла, описывающія орбиты перваго рода, будутъ двигаться всегда медленнѣе узла M . Слѣдовательно, M будетъ нагонять m , столкновение будетъ на той сторонѣ

M , которая обращена къ солнцу, и въ результатъ получится стремленіе сообщить массѣ M *прямое* вращеніе, т. е. направленное въ ту же сторону, въ которую направлено и обращеніе массы M .

Небольшія тѣла, движущіяся по орбитамъ второго рода, будутъ двигаться быстрѣе или медленнѣе массы M соотвѣтственно тому, будутъ ли ихъ полуоси больше или меньше разстоянія отъ S до c . Въ этихъ случаяхъ столкновеніе будетъ сообщать прямое или обратное вращеніе соотвѣтственно и въ концѣ концовъ эти два стремленія приблизительно уравниваются. Кромѣ того, вліяніе этихъ столкновеній на вращеніе должно оставаться незначительнымъ, такъ какъ удары будутъ приходиться, въ общемъ, болѣе въ центральномъ направленіи, чѣмъ въ касательномъ. Тѣла, описывающія орбиты третьяго класса, будутъ всегда двигаться въ моментъ столкновенія скорѣе, чѣмъ первичный узелъ. Слѣдовательно, обгоняя его на разстояніи отъ солнца большемъ, нежели разстояніе его центра тяжести, они будутъ стремиться давать ему *прямое* вращеніе. Въ общемъ итогъ два класса тѣлъ, могущихъ сильнѣе всего измѣнять вращеніе узловыхъ массы, при ударѣ будутъ стремиться сообщить ей прямое вращеніе, тогда какъ дѣйствія болѣе значительнаго промежуточнаго класса не будутъ имѣть значенія, уничтожая другъ друга.

Опираясь на это разсужденіе, мы должны ожи-

дать, что планеты вращаются въ томъ же направленіи, въ которомъ происходитъ ихъ обращеніе. Сколько-нибудь рѣзкихъ уклоненій отъ этого правила можно было бы ожидать вообще только въ самыхъ внѣшнихъ планетахъ, гдѣ орбиты третьяго рода были очень малочисленны. Эти явленія при данномъ количествѣ вещества были тѣмъ рѣзче, чѣмъ больше были размѣры узловой массы, во-первыхъ, потому что тѣмъ больше были разницы скоростей въ моментъ удара, и, во-вторыхъ, потому что дѣйствіе данной силы въ смыслѣ измѣненія вращенія тѣмъ больше, чѣмъ дальше отъ оси вращенія прилагается эта сила. Общее согласіе съ наблюдаемыми явленіями слишкомъ очевидно, чтобы требовать поясненія. Съ другой стороны, въ теоріи Лапласа прямое направленіе вращеній планетъ всегда представляло затрудненіе.

Направленіе обращеній спутниковъ—Когда первичные планетные узлы отдѣлялись отъ солнца, ихъ сопровождали менѣе значительные вторичные узлы. Хотя въ частныхъ случаяхъ всѣ вторичные узлы могли имѣть какое-нибудь общее направленіе обращеній около своихъ первичныхъ узловъ, но нѣтъ очевидныхъ основаній предполагать, что такое общее направленіе обращеній должно было непременно существовать; поэтому мы разсмотримъ различные случаи, которые могли имѣть здѣсь мѣсто.

Для удобства разсужденія мы раздѣлимъ орбиты вторичныхъ узловъ на три класса соотвѣтственно положеніямъ плоскостей ихъ орбитъ и направленіямъ ихъ обращеній: (а) первый классъ будетъ состоять изъ тѣхъ вторичныхъ узловъ, орбиты которыхъ имѣли значительный наклонъ къ плоскостямъ движенія соотвѣтственныхъ первичныхъ узловъ; (б) во второй классъ войдутъ тѣ, обращеніе которыхъ происходило приблизительно въ плоскостяхъ движенія первичныхъ узловъ и въ прямомъ направленіи; и (в) третій классъ составятъ тѣ, которые обращались приблизительно въ плоскостяхъ движенія первичныхъ узловъ, но въ обратномъ направленіи.

(а) Разсмотримъ дѣйствіе разсѣяннаго вещества на вторичные узлы перваго класса. Когда одинъ изъ такихъ узловъ пересѣкаетъ плоскость движенія своего первичнаго узла, онъ встрѣчаетъ разсѣянное вещество, дѣйствующее на него, какъ сопротивляющаяся среда, и уменьшающее его скорость. Вслѣдствіе этого сопротивленія его движенію размѣры его орбиты должны уменьшаться. Кромѣ того, масса первичнаго узла постоянно возрастаетъ вслѣдствіе захвата метеорнаго вещества и это также уменьшаетъ размѣры орбиты вторичнаго узла. Эти двѣ причины, дѣйствуя всегда въ одномъ направленіи, въ концѣ концовъ заставятъ вторичный узелъ упасть на первичный. Конечно,

чѣмъ дальше онъ былъ вначалѣ отъ своего первичнаго узла, тѣмъ больше у него шансовъ сохранить независимое существованіе.

(б) Теперь разсмотримъ движеніе вторичнаго узла, который обращается въ прямомъ направленіи въ плоскости движенія своего главнаго узла. Тѣ небольшія частички, которыя онъ можетъ

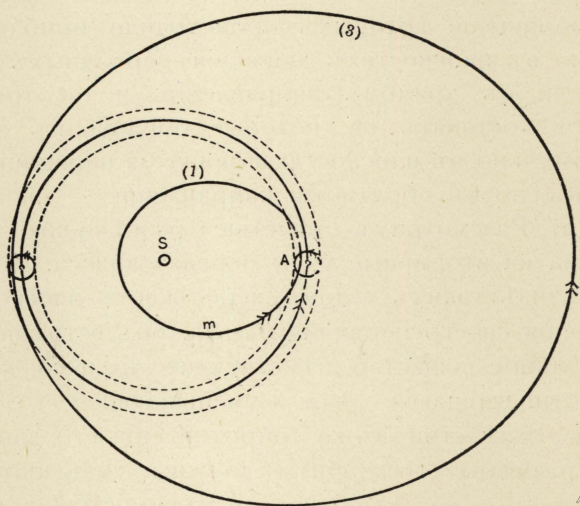


Рис. 10.

встрѣтить, мы раздѣлимъ на три группы: (1) тѣ, орбиты которыхъ лежатъ цѣликомъ внутри орбиты планетнаго узла M ; (2) тѣ, орбиты кото-

рыхъ пересѣкаютъ орбиту M , и (3) тѣ, орбиты которыхъ лежатъ совершенно внѣ орбиты M . На рис. 10 сплошной кругъ представляетъ орбиту первичнаго планетнаго узла M , пунктирные круги—предѣлы орбиты вторичнаго узла (спутника) при его обращеніи вокругъ M , а (1) и (3) представляютъ орбиты частичекъ первой и третьей группъ. Орбиты частицъ, лежащія между этими двумя кривыми, не указаны.

Частицы класса (1) встрѣтятъ вторичный узелъ въ точкѣ (или вблизи точки) A . Мы должны найти, кто изъ нихъ въ этой точкѣ будетъ двигаться скорѣе. Вторичный узелъ увлекается впередъ движеніемъ массы M , а движеніе его обращенія вокругъ M увлекаетъ его назадъ. Последнее движеніе гораздо медленнѣе перваго. Окончательная скорость движенія впередъ будетъ разностью этихъ двухъ скоростей. Такъ какъ большая полуось орбиты массы m меньше, чѣмъ большая полуось орбиты M , то изъ уравненія (1) стр. 58 вытекаетъ, что масса m въ этой части своей орбиты движется медленнѣе, чѣмъ M . Если ея большая ось значительно меньше, чѣмъ у M , то она будетъ двигаться со скоростью меньшей, нежели разница между движеніями M и вторичнаго узла. Въ этомъ случаѣ вторичный узелъ будетъ нагонять массу m . Но при томъ направленіи, въ которомъ происходитъ движеніе вторичнаго

узла, столкновение съ m въ этомъ случаѣ будетъ ускорять его движеніе вокругъ массы M . Математическое изслѣдованіе показываетъ, что этотъ результатъ будетъ получаться всегда, пока эксцентрицитетъ орбиты m будетъ больше ивѣстнаго предѣла *).

Для земли и луны этотъ предѣлъ составляетъ 0,035, но для болѣе крупныхъ планетъ и болѣе близкихъ спутниковъ онъ гораздо значительнѣе. Впрочемъ, когда столкновения происходили чаще, планетные узлы не достигали еще своихъ нынѣшнихъ размѣровъ. Такъ какъ орбиты частицъ распыленного вещества, какъ общее правило, должны были быть замѣтно эксцентричными, то въ общемъ столкновения должны были ускорять движеніе вторичныхъ узловъ.

Эта формула и эти результаты сохраняются также для частицъ, которыя движутся по орбитамъ типа (3). Они измѣняются для частицъ, которыя движутся по орбитамъ (2), промежуточнымъ между двумя разсмотрѣнными классами.

*) А именно, пока онъ будетъ больше величины

$$\frac{r}{R} + 2\sqrt{\frac{MR}{r}},$$

гдѣ R есть радіусъ орбиты первичнаго планетнаго узла вокругъ солнца, r радіусъ орбиты вторичнаго узла, описываемой имъ вокругъ M , а M масса планетнаго узла, выраженная въ единицахъ солнечной массы. (Авторъ).

Такимъ образомъ ускоренія, сообщаемыя распыленнымъ веществомъ, будутъ увеличивать орбиту вторичнаго узла и будутъ мѣшать ему приобщиться къ растущему планетному узлу. Въ силу этого вторичные узлы такого типа вѣроятно сохранятъ отдѣльное существованіе и разовьются въ спутниковъ.

(в) Дѣйствіе распыленнаго вещества на вторичные узлы, движущіеся въ обратномъ направленіи, будетъ противоположно тому дѣйствію, которое оно производитъ на вторичные узлы съ прямымъ движеніемъ. Такимъ образомъ, орбиты такихъ узловъ должны будутъ постоянно уменьшаться, съ одной стороны—отъ столкновеній съ частицами распыленнаго вещества, а съ другой—также и отъ увеличенія притягательной силы массы M , которая постепенно растеть. Въ силу этихъ причинъ такіе спутники въ общемъ будутъ падать на свои планеты. Условія ихъ переживанія могутъ сложиться благопріятно только въ томъ случаѣ, если распыленное вещество распределено какимъ-нибудь совершенно особеннымъ образомъ или если они возникли на очень большомъ разстояніи отъ своихъ планетъ.

Изъ этихъ соображеній вытекаетъ, что спутники могутъ вращаться около своихъ планетъ въ любомъ направленіи, но шансы переживанія въ качествѣ независимыхъ тѣлъ будутъ противъ тѣхъ

вторичныхъ узловъ, которые обращаются не въ прямомъ направленіи. Планета можетъ также имѣть спутниковъ, которые движутся въ различныхъ направленіяхъ.

Эксцентриситеты орбитъ спутниковъ—Вообще орбиты вторичныхъ узловъ вначалѣ были очень эксцентричны. Теперь мы покажемъ, что орбиты тѣхъ изъ нихъ, которые движутся въ прямомъ направленіи, отъ ударовъ планетезимальнаго матеріала дѣлаются менѣе эксцентричными.

Пусть S будетъ солнце, а C та кривая, по которой обращается вокругъ него планетный

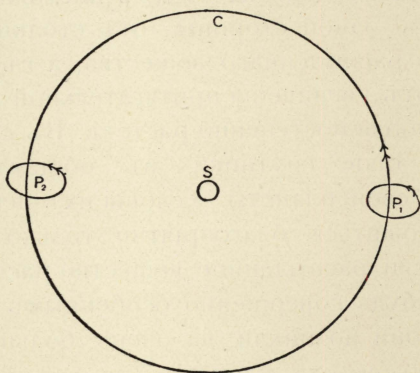


Рис. 11.

узелъ (рис. 11). Пусть P_1 будетъ положеніе планетнаго узла, когда болѣе далекий апсидъ орбиты

спутника лежитъ внѣ C , а P_2 его положеніе, когда имѣетъ мѣсто обратное. Еслибы эта орбита была вся заполнена однимъ тѣломъ, вращающимся вокругъ P_1 , какъ твердое тѣло, то паденіе метеоровъ стремилось бы увеличить вращеніе въ томъ же (прямомъ) направленіи, какъ мы это видѣли выше, когда говорили о вращеніи планетъ. Подобнымъ же образомъ ихъ дѣйствіе на вторичный узелъ будетъ ускорять его движеніе и притомъ это дѣйствіе будетъ наибольшее, когда вторичный узелъ будетъ на наибольшемъ разстояніи отъ P_1 .

Увеличеніе ускоренія тѣла въ тотъ моментъ,

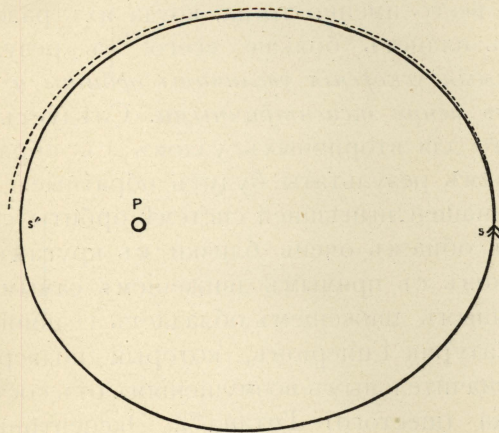


Рис. 12.

когда оно находится въ самой далекой точкѣ своей

орбиты, будетъ увеличивать разстояніе другого апсида этой орбиты и будетъ дѣлать ее болѣе близкой къ кругу. Такъ, если тѣло первоначально двигалось по сплошной кривой рис. 12 и если его ускореніе увеличилось въ точкѣ s , то разстояніе точки s' отъ P увеличится и *орбита станетъ меньше эксцентричной*. Это замѣчаніе будетъ приложимо также въ томъ случаѣ, когда масса P пройдетъ половину своей орбиты и когда условія будутъ отвѣчать положенію P_2 на рис. 11. Значить, удары частицъ раздробленнаго вещества о вторичные узлы съ прямымъ движеніемъ будутъ увеличивать ихъ скорости и притомъ больше всего именно тогда, когда ихъ разстояніе отъ ихъ планетъ больше всего: въ результатѣ *сообщаемыя ускоренія увеличатъ орбиты и сдѣлаютъ ихъ меньше эксцентричными*. Слѣдуетъ замѣтить, что для вторичныхъ узловъ съ обратнымъ движеніемъ результаты будутъ обратные.

Въ нашей нынѣшней системѣ орбиты спутниковъ въ общемъ очень близки къ кругамъ. Изъ спутниковъ съ прямымъ движеніемъ самымъ эксцентричнымъ движеніемъ обладаетъ седьмой спутникъ Сатурна Гиперіонъ, который подвергается очень значительнымъ возмущеніямъ отъ сосѣдняго спутника (шестого) Титана *). Эксцентрицитетъ

*) Ср. Ньюкомъ, *Астрономія для всѣхъ*, с. 185.

орбиты Гиперіона равенъ $0^{\circ}12'$. Но эксцентрицитетъ орбиты девятаго спутника Сатурна, который обращается въ обратномъ направленіи, достигаетъ $0^{\circ}22'$. Излагаемая теорія не предуказываетъ большого наклона орбитъ спутниковъ Урана къ орбитѣ самой планеты; но онъ и не противорѣчитъ ей, какъ противорѣчитъ теоріи Лапласа.

Внутренній спутникъ Марса и кольцо Сатурна—

Внутренній спутникъ Марса вначалѣ представлялъ небольшой вторичный узелъ, который обращался очень близко отъ первичнаго узла Марса. Его періодъ обращенія былъ длиннѣе, чѣмъ теперь, но съ увеличеніемъ массы планеты онъ постоянно уменьшался. Сама планета, какъ сплошное тѣло, никогда не простиралась даже до орбиты этого спутника. Второй спутникъ Фобосъ лежитъ внѣ предѣла Роша и объясненіе краткости его періода обращенія не представляетъ трудностей.

Кольца Сатурна развились изъ того вещества, которое первоначально обращалось вблизи ядра планеты. Они лежатъ внутри предѣла Роша и приливныя напряженія, стремившіяся раздѣлить массу планеты, болѣе чѣмъ уравнивали стремленіе частицъ соединяться подъ вліяніемъ взаимнаго тяготѣнія. Столкновения обратили этотъ матеріалъ въ пыль и сгладили разницы въ ихъ движеніи, пока всѣ частицы не стали двигаться въ одной и той же плоскости.

Количество движенія системы—Почти все количество движенія нашей системы принадлежит большимъ планетамъ, причемъ Юпитеръ даетъ свыше 95% того количества, которое имѣетъ вся система внутри орбиты Сатурна. Къ такимъ именно условіямъ и должно приводить предположенное нами происхожденіе спиральныхъ туманностей и эти условія находятся въ полномъ согласіи съ очерченной выше теоріей. Общее количество движенія системы является мѣрой возмущеній, произведенныхъ вторгшимся солнцемъ S' .

Зодіакальный свѣтъ—Зодіакальный свѣтъ вѣроятно представляетъ собою свѣтъ, отраженный отъ громаднаго числа частичекъ, которыя движутся по орбитамъ, столь близкимъ къ земной, что частички захватываются ею очень медленно. Многія изъ этихъ частичекъ являются остатками первичнаго вещества, разсѣяннаго вторгшимся солнцемъ S' , а часть представляетъ остатки разложившихся кометъ. Большіе метеориты, падающіе на землю и часто содержащіе въ большомъ количествѣ поглощенные газы, являются вѣроятно частью матеріала, выброшеннаго изъ солнца, хотя нѣкоторые изъ нихъ даютъ рѣзкія указанія на то, что они были когда-то частями большого твердаго тѣла. Быть можетъ, они происходятъ отъ тѣхъ планетъ, которыя существовали до появленія солнца S' и которыя были раздроблены и разсѣяны этимъ тѣломъ.

Эволюція планетъ — Эволюція большихъ и малыхъ планетныхъ узловъ шла совершенно различно. Въ моментъ своего выбрасыванія всѣ эти тѣла обладали очень высокой температурой. Незначительные узлы не обладали притяженіемъ, достаточнымъ для того, чтобы удержать при себѣ болѣе легкіе газы. Спустя сравнительно короткое время у нихъ уже не оставалось замѣтныхъ атмосферъ и они быстро охлаждались и становились твердыми. Метеорное вещество, которое падало на нихъ, также было въ твердомъ состояніи. Ихъ относительныя скорости были въ общемъ такъ незначительны, что столкновенія не могли производить большого количества тепла, а то тепло, которое получалось, быстро терялось излученіемъ. Послѣ того какъ массы начали принимать размѣры, подобные размѣрамъ земли, внутреннее давленіе стало дѣлаться очень значительнымъ и объемы этихъ массъ уменьшались. Это сжатіе произвело внутреннюю теплоту, какъ оно производитъ ее теперь въ солнцѣ. Вычисленіе показываетъ, что при томъ сжатіи земли, при которомъ ея плотность повысилась отъ средней плотности извѣстныхъ намъ метеоритовъ (3.5) до своей нынѣшней плотности (5.5), должно было развиваться такое количество тепла, что ея температура (принимая теплоемкость въ 0.2, какою обладаютъ скалы) повысилась бы болѣе, чѣмъ на

4000°С. Эта теплота постепенно проводилась бы на поверхность и терялась бы очень медленно; ее слишком достаточно для объяснения всѣхъ плутоническихъ явленій земли. Но въ цѣломъ земля оставалась твердой въ продолженіе всей своей исторіи.

Земля пріобрѣла свою атмосферу главнымъ образомъ уже послѣ того, какъ достигла приблизительно величины Меркурія. Атмосферные газы вышли изъ ея середины, какъ бы выжатые изъ ея сдавленного вещества при высокой температурѣ. Тѣла, значительно меньшія, чѣмъ Меркурій, никогда и не обладали настоящими атмосферами. Это относится также къ большинству спутниковъ и ко всѣмъ планетоидамъ.

Съ другой стороны, болѣе значительные планетные узлы обладали такой массой, что никогда не теряли своихъ легкихъ газообразныхъ оболочекъ. Въ силу этого они въ значительной мѣрѣ сохранили свою первоначальную теплоту и не сокращались въ сколько-нибудь значительной мѣрѣ. Они обладаютъ меньшей плотностью, чѣмъ менѣе крупныя планеты, какъ вслѣдствіе того, что удержали при себѣ всѣ свои первичные легкіе элементы, такъ и потому, что ихъ условія не благоприятствовали ихъ охлажденію и сжатію.

Возрастъ солнечной системы — На вопросъ о времени, котораго потребовала указанная эволюція

нашей системы, нельзя дать опредѣленнаго отвѣта. Оно, несомнѣнно, очень велико. Труднѣе всего объяснить неуменьшающуюся энергію солнца. Если во время вторженія массы S' оно было въ зрѣломъ возрастѣ, то теперь оно должно быть въ періодѣ далеко подвинувшагося упадка. Есть только одно объясненіе, которымъ пользуются также и въ теоріи Лапласа, а именно, что теорія сжатія солнца объясняетъ происхожденіе только небольшой части энергіи, принимающей эту форму.

Будущее нашей системы—Повидимому та часть эволюціи системы, во время которой происходило собираніе разсѣяннаго вещества, почти закончилась. Будущее вѣроятно будетъ очень сходно съ настоящимъ, пока запасъ солнечной энергіи не упадетъ до того, что излученіе солнца замѣтно уменьшится. Тогда наступитъ вѣкъ все возрождающаго холода, который, сколько мы можемъ видѣть, будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока на сцену не появится какой-нибудь новый внѣшній факторъ.

Одно явленіе представляется вѣроятнымъ. Если только движенія звѣздъ не согласованы какимъ-нибудь особеннымъ образомъ такъ, что эти тѣла никогда не могутъ значительно сближаться другъ съ другомъ, чего мы на основаніи нашихъ нынѣшнихъ свѣдѣній не можемъ даже и подозревать, то въ какую-нибудь далекую эпоху наше

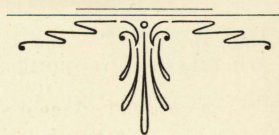
солнце вновь пройдетъ вблизи какого-нибудь другого солнца. Если это второе солнце будетъ находиться еще въ періодъ юности, образуется новая спиральная туманность, въ которую войдетъ вѣроятно хотя часть вещества, составляющаго далекія планеты нашей системы. Такимъ образомъ могутъ развиваться условія для новой эволюціи. Если оба эти солнца будутъ темныя тѣла, то работа приливовъ можетъ болѣе или менѣе разрушить и нагрѣть ихъ.

Раньше думали, что звѣздная эволюція есть почти всецѣло процессъ собиранія, и астрономы рисовали себѣ, какъ солнце будетъ присоединяться къ солнцу вслѣдствіе столкновений, пока вся матеріальная вселенная не обратится въ одно или въ нѣсколько громадныхъ солнцъ, которыя со временемъ стануть холодными и безжизненными. Но шансы тѣснаго сближенія безъ столкновенія несравненно больше, чѣмъ шансы дѣйствительнаго столкновенія. Значительное сближеніе производитъ дробленіе солнца и разсѣяніе матеріала, а не собираніе его. Теперь мы видимъ, что есть шансы и для разсѣянія, какъ есть шансы, хотя меньшіе, для собиранія. Кромѣ того, именно въ настоящее время мы находимъ, что въ радио-активныхъ веществахъ нѣкоторые атомы, по крайней мѣрѣ, подчинены силамъ, влекущимъ ихъ къ разложенію.

Заключеніе — Прежде всего нужно остерегаться принимать только что кратко очерченную теорію за окончательную. Въ ней есть много вопросовъ, гдѣ нужно добиться количественныхъ результатовъ, для сравненія ихъ съ нашей дѣйствительной системой. Въ ней возможны и необходимы, надо думать, многія измѣненія. Такъ, на примѣръ, образованіе спиральныхъ туманностей можетъ значительно отличаться отъ представленнаго выше.

На гипотезу первичной спиральной туманности наводятъ новѣйшія фотографіи туманностей, какъ и сама наша система. Въ виду существованія движеній звѣздъ тѣ условія, которыя по нашему предположенію дали начало спиральной туманности, представляются наиболѣе возможными. Развѣтіе спиральной туманности въ силу достаточнаго сближенія двухъ солнцъ является повидимому необходимымъ слѣдствіемъ, хотя этотъ вопросъ нуждается еще въ дальнѣйшей разработкѣ. Развѣтіе системы, подобной нашей, изъ небольшой спиральной туманности рассмотрѣннаго типа представляется повидимому неизбѣжнымъ. Поскольку теорія эта была разработана въ деталяхъ, не было найдено ничего, прямо противорѣчащаго ей или хотя бы возбуждающаго серьезные сомнѣнія относительно нея. Въ то же время она превосходно объясняетъ всѣ главныя осо-

бенности нашей системы. Можно съ увѣренностью сказать, что въ настоящее время эта гипотеза удовлетворяетъ всѣмъ требованіямъ успѣшной теоріи гораздо лучше, чѣмъ какая бы то ни была изъ ея предшественницъ.



СОДЕРЖАНИЕ

СТР.

Эволюція солнечной системы

Понятіе эволюціи 1—Данныя задачи 2—Значеніе теоріи эволюціи 4.

Историческія свѣдѣнія

Райтъ и Кантъ 8—11

Кольцевая теорія Лапласа 11—17

Теорія Лапласа 11—Контракціонная теорія солнечной теплоты 15—Метеоритная гипотеза 16.

Приливная эволюція 17—27

Приливная эволюція 17—Очеркъ исторіи системы Земля-Луна по Дарвину 19—Доказательства приливной эволюціи 21.

Факты, подтверждающие гипотезу Лапласа . . 27—28

Факты, противорѣчащие гипотезѣ Лапласа . . 28—40

Наклоны плоскостей планетныхъ орбитъ 29—Эксцентриситеты планетныхъ орбитъ 30—Орбиты планетодовъ 30—Скорость обращенія Фобоса и внутреннихъ частей кольца Сатурна 32—Удаленіе съ колецъ легкихъ газовъ 32—Отдѣленіе колецъ 33—Уплотненіе кольца въ планету 34—Общее количество движенія системы 35—Обратное движеніе девятого спутника Сатурна 37

Гипотеза спиральной туманности

Гипотеза о предшествовающихъ условіяхъ нашей солнечной системы 41—44

Возможное происхожденіе спиральныхъ туманностей 44—53

Возмущающее ускореніе 47—Развитіе эллиптическихъ орбитъ у частицъ, выброшенныхъ изъ солнца по прямымъ линіямъ 48—Образованіе спиральной туманности 49.

Развитіе солнечной системы изъ спиральной туманности 53—82

Происхожденіе планетъ 53—Происхожденіе спутниковъ 54—Плоскости планетныхъ орбитъ 54—Вращеніе и экваторіальное ускореніе солнца 55—Незначительность эксцентриситетовъ планетныхъ орбитъ 57—Вращеніе планетъ 63—Направленіе обращеній спутниковъ 66—Эксцентриситеты орбитъ спутниковъ 72—Внутренній спутникъ Марса и кольцо Сатурна 75—Количество движенія системы 76—Зодіакальный свѣтъ 76—Эволюція планетъ 77—Возрастъ солнечной системы 78—Будущее нашей системы 79—Заключеніе 81.



<http://mathesis.ru>

П. ЛАКУРЪ и Я. АППЕЛЬ.

ИСТОРИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Пер. съ нѣмецкаго подъ редакціей „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики“

Свыше 800 стр. большого формата и 800 рис. въ текстѣ и на отдѣльныхъ таблицахъ.

„ИСТОРИЧЕСКАЯ ФИЗИКА“ занимаетъ совершенно особое мѣсто въ ряду элементарныхъ сочиненій по физикѣ: это есть и полный курсъ элементарной физики, и ея исторія. Авторы не только даютъ въ своей книгѣ современное состояніе этой науки, но рисуютъ и ея историческое развитіе, результаты котораго охватываютъ такъ многосторонне и глубоко всю современную жизнь. Благодаря этому и благодаря отсутствію всякой техничности языка—книга изложена въ высшей степени общедоступно—„ИСТОРИЧЕСКАЯ ФИЗИКА“ является книгой для самыхъ широкихъ круговъ читателей, особенно же для тѣхъ, кто желалъ бы укрѣпить свои познанія въ этой наукѣ установленіемъ живой преемственной связи между ея различными дисциплинами, съ которыми знакомитъ средняя школа.

„ИСТОРИЧЕСКАЯ ФИЗИКА“ **выходитъ въ 6 выпускахъ**, около 9 печатныхъ листовъ большого формата. Выпуски выходить въ свѣтъ каждые два мѣсяца в все изданіе закончится въ срединѣ 1908 года. **Томъ I (вып. 1—3) вышелъ въ декабрѣ 1907 г.**

Опредѣленіемъ Основного отдѣла Учен. Ком. М. Н. Пр. выпускъ I признанъ заслуживающимъ вниманія при пополненіи ученическихъ библиотекъ среднихъ учебныхъ заведеній.

СОДЕРЖАНІЕ I ТОМА. МИРОЗДАНІЕ. *Свѣдѣнія и открытія до 1630 г. СВѢТЪ. Отъ древнѣйшихъ временъ до Ньютона.* СИЛА. МИРОЗДАНІЕ. *Свѣдѣнія и открытія послѣ 1630 г.* ЗВУКЪ. ПРИРОДА СВѢТА. СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗЪ.

СОДЕРЖАНІЕ II ТОМА. ТЕПЛОТА. МАГНИТИЗМЪ. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ДО 1790 г. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОКЪ. ПОГОДА.

ПОДПИСНАЯ ЦѢНА:

5 руб. 50 коп. безъ пересылки и 6 руб. 50 коп. съ пересылкой. Подписавшіеся получаютъ выпуски немедленно по мѣрѣ ихъ выхода.

Допускается разсрочка при слѣдующихъ условіяхъ:

городскіе подписчики вносятъ 1 р. 50 к. при подпискѣ и по 1 р. послѣ получения каждаго изъ первыхъ 5 выпусковъ, иногородніе подписчики вносятъ 2 р. при подпискѣ и 1 р. 20 к. по полученіи каждаго изъ первыхъ 5 вып. За наложеніе платежа 10 к. особо.

ПО ОКОНЧАНІИ ИЗДАНІЯ ЦѢНА БУДЕТЪ ПОВЫШЕНА.

Изъ отзывовъ объ „Исторической физикѣ“.

„Нельзя не привѣтствовать этого интереснаго изданія... Книга читается легко; она содержитъ весьма удачно подобранный матеріалъ и обильно снабжена хорошо выполненными рисунками. Переводъ никакихъ замѣчаній не вызываетъ. Цѣна, при подпискѣ, невысокая, а потому представляется весьма желательнымъ, чтобы наши среднія учебныя заведенія подписались на эту интересную книгу“. Проф. О. Хвольсонъ.

Журн. М. Н. Пр. Декабрь 1907 г.

... „въ первомъ выпускѣ 155 превосходныхъ рисунковъ и чертежей. Въ изложеніи историческія свѣдѣнія по какому-либо вопросу очень удачно переплетаются съ новѣйшими; мѣстами даются примѣры и вопросы для упражненія. Русскій переводъ книги производитъ хорошее впечатлѣніе... мѣсто книги — во всякой благоустроенной учительской и ученической бібліотекѣ. Своеобразная прелесть историческаго изложенія, думается мнѣ, можетъ способствовать возбужденію интереса къ физикѣ въ тѣхъ учащихся, у которыхъ преобладаетъ склонность ко всему „историческому“ и которымъ нерѣдко физика представляется предметомъ чуждымъ и труднымъ. Кроме того „Историческая Физика“ можетъ доставить очень пригодное чтеніе взрослымъ, которые пожелали бы возобновить и освѣтить забытыя или плохо усвоенныя свѣдѣнія по физикѣ. Нечего и говорить, что для преподаванія физики она доставляетъ превосходный матеріалъ и что она можетъ быть даваема для чтенія, при содѣйствіи преподавателя, въ руки учащимся. Очень желательно, чтобы дальнѣйшіе выпуски были изданы столь же хорошо и чтобы они не заставили себя долго ждать“. Н. Дренгельнъ.

„Педагогическій Сборникъ“. Ноябрь 1907 г.

„Этотъ элементарный курсъ физики существенно отличается отъ множества другихъ начальныхъ учебниковъ своимъ историческимъ методомъ. Приведенные въ немъ античные взгляды и доказательства теоремъ и разсужденія эпохи ренессанса придаютъ элементарному изложенію характеръ строгой серьезности. Разсказы изъ жизни главнѣйшихъ двигателей науки подводятъ начинающаго читателя къ пониманію величины научной работы и помогаютъ приблизиться къ истинному смыслу ея результатовъ, такъ какъ заставляютъ слѣдить за ихъ возникновеніемъ. Первый выпускъ заключаетъ въ себѣ свѣдѣнія о мірозданіи и начало ученія о свѣтѣ (оптика).

Книга издается тщательно и украшена многочисленными иллюстраціями“. В. К. Л.

„Вопросы физики“. Вып. 9. 1907.

„Изложеніе (очень толковое и литературное) сопровождается многочисленными, очень интересными чертежами и рисунками... переводъ съфланъ хорошо. Можно смѣло рекомендовать это сочиненіе всѣмъ, интересующимся вопросами физики и космографіи“.

„Нива“. Октябрь 1907 г.

ВЫШЛИ ВЪ СВѢТЪ:

Абрагамъ, проф. **Сборникъ элементарныхъ опытовъ по физикѣ**. Пер. съ фр. подъ ред. прив.-доц. *Вейнберга*. Ч. I—1 р. 50 к. Ч. II—2 р. 75 к.

Аррениусъ, проф. **Физика неба**. Пер. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *Орбинскаго*. Ц. 2 р.

Успѣхи физики. Сборникъ статей подъ ред. „Вѣстн. Оп. Физики и Элем. Математики“. Изд. 2-е. Ц. 75 к.

Ньюкомъ, проф. **Астрономія для всѣхъ**. Пер. съ англ. подъ ред. прив.-доц. *Орбинскаго*. Ц. 1 р. 50 к.

Веберъ и Вельштейнъ, проф. **Энциклопедія элементарной алгебры**. Пер. съ нѣм., подъ ред. прив.-доц. *Кагана*. Ц. 3 р. 50 к.

Дедекиндо, проф. **Непрерывность и ирраціональныя числа**. Пер. съ нѣм. прив.-доц. *Шатуновскаго*. Ц. 40 к.

Шейдъ, проф. **Химическіе опыты для юношества**. Пер. съ нѣм. подъ ред. лабор. *Ельчанинова*. Ц. 1 р. 20 к.

Ауэрбахъ, проф. **Царица міра и ея тѣнь** (энергія и энтропія). Изд. 2-е. Ц. 40 к.

Перри, проф. **Вращающійся волчокъ**. Пер. съ англ. Изд. 2-е. Ц. 60 к.

Вихертъ, проф. **Введеніе въ геодезію**. Ц. 35 к.

Шмидъ. Философская хрестоматія. Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. Ланге. Ц. 1 р.
Тромгольтъ. Игры со спичками. Задачи и развлечения. Ц. 50 к.
Ветгэмъ, проф. Современное развитіе физики. Пер. съ англ. подъ ред. прив.-доц. *Вейнберга и Орбинскаго.* Съ прилож. рѣчи *Бальфура: „Нѣсколько мыслей о новой теоріи вещества“.* Ц. 2 р.
Риги, проф. Современная теорія физическихъ явленій (іоны, электроны, радиоактивность). Пер. съ 3-го (1907) итал. изд. Ц. 1 р.

Печатаются и готовятся къ печати:

Клоссовскій, засл. проф. Физическая жизнь нашей планеты. 2-е исправленное и дополненное изданіе.
Кэджори, проф. Исторія элементарной математики съ нѣкоторыми указаніями для преподавателей. Пер. съ англ. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *Тимченко.*
Леманъ, проф. Жидкіе кристаллы и теорія жизни. Пер. съ нѣм.
Сундара Рау. Геометрическая упражненія съ кускомъ бумаги. Пер. съ англійскаго.
Лакуръ и Анпель. Историческая физика. Томъ II. Пер. съ нѣм. подъ ред. „Вѣстн. Опытн. Физики и Элем. Матем.“ (см. выше).
Аррениусъ, проф. Образование міровъ (Das Werden der Welten). Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. *Покровскаго.*
Веберъ и Вельштейнъ, проф. Энциклопедія элементарной геометріи.

Имѣются на складѣ:

Каганъ. Основанія геометріи. Ч. I—3 р. Ч. II—3 р.
Ефремовъ. Новая геометрія треугольника. Ц. 2 р.
Линдеманъ. Форма и спектр атомовъ. Ц. 20 к.
Мультонъ. Эволюція солнечной системы. Ц. 50 к.

Подробный каталогъ изданій высылается по требованію бесплатно.

Выписывающіе изъ склада изданій „МАТЕЗИСЪ“ (Одесса, Новосельск. 66) на сумму 5 р. и болѣе за пересылку не платятъ.





См. 2-ую стр. обложки

волн [спектральных линий] суть числа, слѣдовательно, количественныя величины, которыми должны вполне опредѣляться всѣ качественныя свойства даннаго элемента.

„Из этих чисел и будет исходить математик. Перед ним будет стоять такая задача: в совершенно пустом пространствѣ, заполненном только свѣтовым эфиром, носится матеріальная частица, из которой исходит ряд колебаній, каждое с точно опредѣленной длиной волны... какими свойствами должна обладать сама частица, чтобы давать свѣтовые колебанія только с этими опредѣленными длинами волн или группами волн и не давать никаких других? Математическому изслѣдованію в качествѣ таких свойств могут подлежать только форма частицы и распредѣленіе вещества внутри ея, т. е. плотность и упругость этого вещества“...

В дальнѣйшем автор излагает результаты своих изслѣдованій, приводящих его к заключенію, что, напримѣр, атом водорода должен имѣть форму тонкой круглой пластинки и т. д.

склад изданія:

Книгоиздательство „МАТЕЗИСЪ“

ОДЕССА, ул. Новосельскаго 66.

<http://mathesis.ru>

M-82
0-82

1+50



50 K.

МАТЕЗИС № 32



Складъ у книгоиздат.
МАТЕЗИСЪ Одесса
ул. Новосельскаго 66.

Типографія _____
Акц. Южно - Русскаго
О-ва Печатнаго Дѣла.

<http://mathesis.ru>