

Замѣтка по случаю 300-лѣтія со времени открытія Кеплеромъ третьяго закона планетныхъ движеній.

Прив. доц. А. И. Баинскаго.

§ 1. Два первые Кеплерова закона (эллиптичность планетныхъ орбитъ и прямая пропорціональность между площадью, описываемою радіусомъ-векторомъ планеты, и временемъ) были имъ опубликованы въ 1609 году, въ книгѣ, озаглавленной такъ: *Astronomia nova aitiologhctos* ¹⁾, seu *Physica Coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis. Ex observationibus G. V. Tychoonis Brahe. Jussu et sumtibus Rudolphi II, Romanorum Imperatoris &c. &c. Plurium annorum pertinaci studio elaborata Pragae a S^{ac} C^{ae} M^{dis} Mathematico Joanne Keplero. Cum ejusdem S^{ac} M^{dis} privilegio speciali. Anno aerae Dionysianae CDDCIX*. Сначала Кеплеромъ былъ открытъ такъ-называемый „законъ площадей“; въ это время Кеплеръ еще держался мнѣнія, что планеты движутся по окружностямъ, но только солнце находится не въ центрѣ этихъ окружностей. Геометрической выводъ закона площадей изъ положеній Птолемеевой астрономіи содержится въ 32-й главѣ „*Astronomia nova*“. Въ „*argumentum*“ этой главы законъ этотъ формулированъ въ слѣдующихъ приблизительно словахъ: *промежутки времени, потребные для прохожденія планетою равныхъ дугъ орбиты, пропорціональны удаленію планеты отъ солнца* ²⁾. Своимъ образнымъ языкомъ Кеплеръ прибавляетъ: „навестрите уши, физики: вѣдь здѣсь предпринимается замыселъ насчетъ вторженія въ вашу область“. Эта фраза показываетъ, какъ ясно Кеплеръ понималъ, что открытый имъ законъ даетъ нить для физическаго („причиннаго“, *aitiologhctos*) объясненія планетныхъ движеній. Интересно также заглавіе 32-й главы, посвященной этому закону: „Сила, которая движетъ планеты по кругу, уменьшается съ удаленіемъ отъ источника“. Кеплеръ считалъ, что всякое движеніе, не поддерживаемое внѣшнею силою, должно заглухнуть, и что обращеніе планетъ воеругъ солнца не прекращается лишь потому, что солнце двигаетъ планеты воеругъ себя; для объясненія же такого воздѣйствія со стороны солнца онъ допускалъ, что солнце предоставляетъ собою огромный магнитъ; тотъ фактъ, что солнце не притягиваетъ планеты къ себѣ, а заставляетъ ихъ описывать орбиты, онъ сопоставлялъ съ тѣмъ, какъ магнитъ при извѣстныхъ условіяхъ лишь направляетъ желѣзную полоску параллельно своимъ „волоконамъ“, но не притягиваетъ ее къ себѣ ³⁾. Найдя, что движеніе пла-

¹⁾ Это греческое слово означаетъ „изыскивающая причины“. Такимъ образомъ, Кеплеръ въ самомъ заглавіи своей книги выдвигаетъ на видъ ту мысль, что онъ смотритъ на поставленную себѣ задачу изслѣдованія планетныхъ движеній не съ кинетической лишь точки зрѣнія, но съ динамической (какъ сказали бы мы теперь).

²⁾ Такая формулировка не совсѣмъ точна; она является безупречною лишь для афелія и перигелія (къ этимъ точкамъ собственно и относится данный Кеплеромъ выводъ).

³⁾ Въ другихъ мѣстахъ (напр., въ концѣ 38 й главы) Кеплеръ изображаетъ силу, источникомъ которой является солнце, въ видѣ огромнаго вихря, увлекающаго всѣ планеты.

нетъ по орбитѣ неравнообразно, и что оно замедляется съ удаленіемъ планеты отъ солнца, Кеплеръ естественно умозаключилъ, что воздѣйствіе солнца на планету ослабѣваетъ съ разстояніемъ (Но, конечно, такое умозаключеніе въ *цѣломъ* было ошибочно, какъ построенное на неправильныхъ предпосылкахъ). Точную (не отличающуюся отъ современной) формулировку закона площадей Кеплеръ даетъ въ 40-й главѣ своего труда; и любопытно, что онъ приходитъ къ ней дедуктивнымъ путемъ отъ прежней, невѣрной формулировки. Само собой разумѣется, что изъ невѣрной послылки можно притти къ вѣрному заключенію только въ томъ случаѣ, если и вторая послылка будетъ ошибочна. Такимъ ошибочнымъ положеніемъ у Кеплера является слѣдующее: площадь сектора можно разсматривать какъ сумму всѣхъ радіусовъ-векторовъ, заключающихся внутри его ¹⁾.

§ 2. Обыкновенно ученый передаетъ тишенію добытые результаты внѣ той связи мыслей, какая на самомъ дѣлѣ привела его къ этимъ результатамъ. Онъ умалчиваетъ о своихъ ошибкахъ, о ложныхъ путяхъ, на которые ему случалось вступать, подобно путнику въ незнакомой мѣстности, о бесплодныхъ исканіяхъ, о своихъ увлеченіяхъ внезапно блеснувшей новой идеей, объ испытанныхъ очарованіяхъ и разочарованіяхъ; нерѣдко даже истинный первоисточникъ открытія бываетъ искусно замаскированъ и замѣненъ позднѣе придуманной *ad hoc* аргументаціей, лучше удовлетворяющей логическимъ требованіямъ, чѣмъ та неожиданная, иногда слабо мотивированная интуиція, которая часто ведетъ къ важнымъ открытіямъ.

Не такъ у Кеплера. Кеплеръ, можно сказать, вводитъ насъ въ лабораторію своего ума, не скрывая ни одного изъ ея закоулковъ. Онъ чистоосердечно посвящаетъ насъ во всѣ подробности своихъ успѣховъ и своихъ неудачъ не стѣсняясь, дѣлится съ читателемъ своими эмоціями; онъ то торжествуетъ по случаю сдѣланныхъ завоеваній, то добродушно посмѣивается надъ собою по поводу заблужденій, которымъ онъ отдалъ дань. Отъ того-то чтеніе его *Astronomia nova* является столь поучительнымъ; и отъ того ибѣтъ, можетъ быть, въ исторіи физико-математическихъ наукъ другого имени, которое возбуждало бы въ насъ такое живое сочувствіе. Кеплеръ заставляетъ переживать съ собою весь генезисъ своихъ идей.

Упорныя стремленія Кеплера найти такую окружность, движеніе по которой какъ-разъ воспроизводило бы наблюденныя положенія планеты Марса, временами—казалось ему—увѣнчивались успѣхомъ. Но, въ концѣ-концовъ, расхожденіе между теоретическими и дѣйствительными положеніями планеты оказывались слишкомъ большими, чтобы ихъ можно было объяснить ошибками наблюденій. Тогда онъ рѣшаетъ откинуть предпосылку, которая имѣла за собой авторитетъ всѣхъ раньше бывшихъ астрономовъ и философовъ: предпосылку о круговой фигурѣ планетныхъ путей ²⁾. Онъ пробуетъ различныя овалы; при этомъ у него является надобность мѣрить площади этихъ оваловъ, и онъ ищетъ (гл. 47 я) такого $\theta\epsilon\omicron\varsigma \alpha\lambda\omicron \mu\eta\chi\alpha\nu\eta\varsigma$ (*deus ex machina*), который научилъ бы

¹⁾ Въ главѣ 50-й Кеплеръ выражаетъ законъ площадей еще въ такой формѣ: *промежутки времени, употребляемые планетой для прохождения дугъ, которыя изъ центра солнца представляются равными, пропорціональны квадратамъ разстояній*. Формулировка эта совершенно вѣрна (для малыхъ дугъ); но опять-таки это положеніе получено Кеплеромъ при помощи разсужденія, включающаго двѣ ошибки, которыя взаимно уничтожаютъ другъ друга.

²⁾ Въ началѣ 40-й главы Кеплеръ говоритъ: „Моя первая ошибка заключалась въ предположеніи, будто путь планеты есть совершенная окружность; эта ошибка стала тѣмъ болѣе вредной похитительницей времени, что она внушалась авторитетомъ всѣхъ философовъ и наиболѣе согласовалась съ метафизической точкой зрѣнія“.

его выполнить подобную квадратуру. Дѣло было бы просто, если бы орбита была совершеннымъ эллипсомъ; и онъ начинаетъ испытывать эллиптическую гипотезу. Но результаты испытаній неблагоприятны. Тогда Кеплеръ, оставляя мысль объ эллипсѣ, снова начинаетъ мѣнять форму орбиты и ея расположеніе относительно солнца; упорно размышляя объ одномъ и томъ же, онъ доходитъ почти до безумія (см. конецъ 58-й гл.); но, наконецъ, внезапно блестящая въ его головѣ идея отрываетъ ему, что допущеніемъ эллиптической орбиты могутъ быть примирены всѣ кажущіяся несогласія; съ этого момента эллиптическая теорія планетъ установлена неизбежно.

§ 3. Съ 1595 года Кеплеръ усердно искалъ тѣ простыя математическія зависимости, которыя, по его предвзятому мнѣнію, должны были, въ духѣ Пифагорейскаго ученія, связывать число и величину планетныхъ путей и движенія планетъ по этимъ путямъ въ одно гармоническое цѣлое. Въ своемъ юношескомъ сочиненіи *Prodms dissertationam cosmographicarum, continens mysterium kosmographicum...* (1596) онъ пытается поставить въ связь размѣры планетныхъ орбитъ съ размѣрами шаровъ, извѣстнымъ образомъ описанныхъ и вписанныхъ по отношенію къ пяти правильнымъ многогранникамъ. Ту же пространственную зависимость излагаетъ онъ въ своемъ позднѣйшемъ сочиненіи *Harmonices mundi libri V*, вышедшемъ въ свѣтъ въ 1619 г. Онъ отводитъ здѣсь также много мѣста изысканію музыкальныхъ соотношеній между различными характеристиками планетныхъ движеній. Все это — внѣнаучныя соображенія. Но среди множества вычисленій, не имѣющихъ ни теоретической поделки, ни необходимаго эмпирическаго обоснованія, блестятъ въ 3-й главѣ V книги *Harmonices* ¹⁾, какъ яркая звѣзда среди тучъ, *третій законъ планетныхъ движеній*. Изложенію этого закона Кеплеръ предпосылаетъ изложеніе двухъ первыхъ законовъ, при чемъ формулируетъ ихъ и точнѣе, и съ болѣе сильнымъ подчеркиваніемъ, чѣмъ это было сдѣлано въ *Astronomia nova*. Я позволяю себѣ привести здѣсь переводъ соответствующаго отрывка *Harmonices*:

„... Чтобы перейти къ движеніямъ, между которыми установлена гармонія, я снова напоминаю читателю, что въ запискахъ о Марсѣ мною доказано на основанія чрезвычайно точныхъ наблюденій Браге, что равныя дневныя ²⁾ дуги на одной и той же орбитѣ проходятся не съ равною скоростью, но что эти различныя *длительности* [пребываніе планеты] *на равныхъ частяхъ орбиты сохраняютъ пропорціональность разстояніямъ этихъ частей отъ солнца*, источника движенія; и что, въ свою очередь, предполагая равные промежутки времени (напримѣръ, въ одинъ естественный день въ томъ и другомъ случаѣ), соответствующія имъ *истинныя дневныя дуги одной орбиты обратно пропорціональны разстояніямъ отъ солнца* ³⁾. Въ то же время доказано мною, что *орбита планеты есть эллипсъ, и солнце, источникъ движенія, находится въ одномъ изъ фокусовъ этого эллипса; и дѣло происходитъ такъ, что планета, совершивъ четверть всего обхода отъ своего афелія,*

¹⁾ Эта глава имѣетъ такое заглавіе: „Главный пунктъ астрономическаго ученія, необходимый для пониманія небесныхъ гармоній“. Вся V книга озаглавлена: „О совершеннѣйшей гармоніи небесныхъ движеній и о происхожденіи изъ нихъ эксцентрицитетовъ и полу-діаметровъ и періодовъ обращенія“.

²⁾ Слова „дневныя“ здѣсь, конечно, не должно быть понимаемо буквально. Кеплеръ хочетъ сказать: малыя дуги, соответствующія примѣрно промежутку времени въ 1 сутки.

³⁾ Эта формулировка, подобно предыдущей, не вполне точна. Далѣе Кеплеръ самъ оговариваетъ тѣ условія, при которыхъ она является приемлемой.

(Примѣчанія А. Бачинскаго).

бываетъ отдѣлена отъ солнца такимъ разстояніемъ, которое представляется какъ разъ арифметическое среднее изъ наибольшаго разстоянія въ афелии и наименьшаго въ перигелии. А изъ этихъ двухъ аксіомъ вытекаетъ, что среднее дневное перемѣщеніе планеты по орбитѣ такъ же велико, какъ и истинная дневная дуга этой орбиты въ тѣ моменты, когда планета бываетъ въ концы четверти орбиты, считая отъ афелия (хотя эта истинная четверть кажется меньше угловой четверти). Далѣе слѣдуетъ, что двѣ какія-нибудь истинныя дневныя дуги орбиты, равно отстоящія одна отъ афелия, другая отъ перигелия, вмѣстѣ равняются двумъ дневнымъ среднимъ ¹⁾... Вотъ что надобно напередъ узнать объ истинныхъ дневныхъ дугахъ орбиты и объ истинныхъ перемѣщеніяхъ, чтобы намъ уже отсюда понять кажущіяся движенія, предполагая глазъ въ солнцѣ.

Но что касается кажущихся дугъ ²⁾ съ точки зрѣнія солнца, то извѣстно уже изъ древней астрономіи, что изъ истинныхъ перемѣщеній, даже равныхъ между собой,—то, которое далѣе отстоитъ отъ центра вселенной (какъ находящееся въ афелии), представляется меньшимъ глядящему изъ указаннаго центра; то же, которое ближе, какъ находящееся въ перигелии,—большимъ. А такъ какъ, сверхъ того, истинныя дневныя дуги вблизи также оказываются большими, вслѣдствіе болѣе быстраго движенія, а въ удаленномъ афелии, вслѣдствіе медленности движенія,—меньшими, то отсюда я доказалъ въ книгѣ о Марсѣ, что отношеніе кажущихся дневныхъ дуг одной орбиты довольно точно равняется квадрату обратнаго отношенія изъ разстояній отъ солнца ³⁾. Такъ что, если планета въ одинъ изъ своихъ дней, находясь въ афелии, отстояла отъ солнца на 10 частей (въ какой-нибудь мѣрѣ), а въ противоположный день, находясь въ перигелии, на 9 такихъ же частей, то несомнѣнно, что съ солнца ея кажущееся перемѣщеніе въ афелию будетъ относиться къ кажущемуся [перемѣщенію] въ перигелию, какъ 81 къ 100.

Но это справедливо при слѣдующихъ предосторожностяхъ: во-первыхъ, чтобы дуги орбиты не были велики, дабы онѣ не сообщались съ различными разстояніями, значительно отличающимися [другъ отъ друга], то-есть не причиняли замѣтной разности разстоянія своихъ концовъ отъ апсидъ; затѣмъ, чтобы эксцентрицитетъ не былъ чересчуръ великъ...

До сихъ поръ мы говорили о различныхъ промежуткахъ времени и [проходимыхъ] дугахъ для одной и той же планеты. Теперь же должна пойти рѣчь о движеніяхъ двухъ планетъ, сравниваемыхъ другъ съ другомъ... Итакъ здѣсь предстоитъ довершить и ввести сюда нѣкоторую часть моей „Космографической тайны“, оставленную нерѣшенной 22 года тому назадъ,—такъ какъ тогда дѣло еще не было ясно для меня. И вотъ, послѣ того какъ не-

1) Послѣднія два положенія доказываются такъ. Пусть a будетъ большая полуось орбиты, $a+x$ и $a-x$ —радіусы-векторы, соответствующіе дугамъ, равно отстоящимъ одна отъ афелия, другая отъ перигелия. Тогда длина этихъ дугъ, по Кеплеру, будетъ $\frac{\kappa}{a+x}$ и $\frac{\kappa}{a-x}$; въ суммѣ, при маломъ x , получается $2 \frac{\kappa}{a}$ ($\frac{\kappa}{a}$ = среднему дневному перемѣщенію).

2) Подъ „кажущимися дугами“ Кеплеръ разумѣетъ угловыя перемѣщенія планеты.

3) Это положеніе легко выводится изъ теоремы площадей въ ея обычной формулировкѣ. Пусть α и β будутъ углы, вѣющіе вершину въ солнцѣ, опирающіеся на дневныя перемѣщенія планеты; пусть a и b будутъ соответствующія значенія радіуса вектора. Площади секторовъ, описанныхъ въ эти два дня, можно принять равными $\frac{1}{2}a^2\alpha$ и $\frac{1}{2}b^2\beta$; изъ равенства же этихъ площадей вытекаетъ $\alpha:\beta = b^2:a^2$.

прерывнымъ трудомъ весьма долгаго времени были изъ наблюдений Браге найдены вѣрные промежутки орбитъ, наконецъ-то, наконецъ-то, подлинная пропорція между періодами и размѣрами орбитъ

...хоть и поздно, замѣтила бездѣйственнаго,
Замѣтила-таки и пришла, послѣ долгаго промежутка времени ¹⁾;

и если желательно такое указаніе времени,—она зародилась въ моемъ умѣ 8-го марта ²⁾ сего тысяча шестьсотъ восемнадцатаго года, но была неудачно подсчитана и потому отброшена, какъ ложная; но когда я 15-го мая возвратился къ ней, принявшись съ новымъ увлеченіемъ, она наконецъ побѣдила слѣпоту моего ума; это было столь великой наградой и моей семнадцатилѣтней работы надъ наблюденіями Браге, и направленного согласно съ нею размышленія, что я сперва готовъ былъ думать, будто силу и превосходящаго искомого среди данныхъ. Но въ высшей степени вѣрно и точно, что отношеніе между періодами обращенія какихъ-нибудь двухъ планетъ какъ-разъ равняется полудторной степени отношенія ихъ среднихъ разстояній, то есть [радіусовъ] орбитъ; однако, обращаю вниманіе на то, что среднее арифметическое обоихъ діаметровъ эллиптической орбиты немногимъ менѣе длиннѣйшаго діаметра. Итакъ, если кто изъ періода,—скажемъ,—земли, который равенъ одному году, и изъ періода Сатурна (тридцать лѣтъ) возьметъ кубическіе корни и, возведя эти корни въ квадратъ, составитъ отношеніе, тотъ имѣетъ въ получаемыхъ числахъ вѣрнѣйшее отношеніе среднихъ разстояній земли и Сатурна отъ солнца.

Ибо кубическій корень изъ 1 есть 1, его квадратъ—1; и кубическій корень изъ 30 [нѣсколько]—болѣе 3, его квадратъ [нѣсколько]—болѣе 9. И Сатурнъ, въ своемъ среднемъ отстояніи отъ солнца, бываетъ немногимъ дальше девятикратнаго средняго разстоянія земли отъ солнца³⁾.

Изложеніе третьяго закона и его открытія, проникнутое особю восторженностью, показываетъ, что Кеплеръ придавалъ этому закону выдающуюся роль среди своихъ достиженій. Надо, впрочемъ, отмѣтить, что тутъ игралъ роль не столько этотъ законъ самъ-по-себѣ, сколько пріурочиваемыя Кеплеромъ къ этому закону гармоническія соотношенія въ солнечной системѣ ³⁾.

¹⁾ Кеплеръ цитируетъ латинскіе стихи:

...sega guidem respexit inertem,

Respexit tamen et longo post tempore venit.

При этомъ онъ съ нѣкоторымъ юморомъ изображаетъ дѣло такъ, какъ будто открытый имъ законъ былъ самостоятелно-живущей идеей, которая нашла его, Кеплера,—а не наоборотъ.

²⁾ Эта дата, по вѣдному, указывается по григоріанскому календарю (который въ XVI—XVII вѣкахъ разнился отъ юліанскаго на 10 дней)

(Примѣчанія А. Бачинскаго).

³⁾ Для оцѣнки самимъ Кеплеромъ этихъ найденныхъ имъ музыкальныхъ соотношеній характерно предисловіе Кеплера къ V книгѣ *Harmonices*. Вотъ это предисловіе:

„Что я предчувствовалъ двадцать два года тому назадъ, какъ только открылъ пять много-равниковъ между небесными кругами; въ чемъ я былъ твердо убѣжденъ раньше, чѣмъ увидѣлъ Птоломеевы „Гармоники“; что я обѣщалъ друзьямъ, объявивъ заглавіе этой пятой книги прежде, нежели я на самомъ дѣлѣ получилъ окончательный результатъ; о необходимости изысканія чего я твердилъ въ печатномъ сочиненіи шестнадцать лѣтъ тому назадъ; ради чего я лучшую часть жизни отдалъ на астрономическія изслѣдованія, обратился къ Тихо Браге, выбралъ мѣстожительствомъ Прагу,—то, наконецъ, благодаря Бога всеблагому, всевышнему (который вдохновилъ мой умъ, возбудилъ могучее желаніе), продолжившему и жизнь и душевныя силы, и доставлявшему другія средства чрезъ щедрость двухъ императоровъ и знатнѣйшихъ людей Верхней Австріи,—завершивъ сначала въ достаточной мѣрѣ кругъ астрономической дѣятельности, я, наконецъ-то, говорю, явилъ это на

О характерѣ этихъ соотношеній можно судить по заглавямъ отдѣльныхъ главъ, составляющихъ V книгу Harmonices; вотъ эти заглавія:

I. О пяти правильныхъ многогранникахъ.

II. О сродствѣ съ ними гармоническихъ отношеній.

III. Главный пунктъ астрономическаго ученія, необходимый для пониманія небесныхъ гармоній.

IV. Въ какихъ обстоятельствахъ, относящихся къ планетнымъ движеніямъ, выражены простыя гармоніи; и о томъ, что въ небесахъ находятся всѣ тѣ, которые являютъ въ пѣніи.

V. Ступени музыкальной гаммы и роды гармоній—мажоръ и миноръ—выражаются извѣстными движеніями.

VI. Отдѣльные музыкальные лады извѣстнымъ образомъ выражаются отдѣльными планетами.

VII. Могутъ существовать контрапункты или универсальныя гармоніи всѣхъ планетъ, и притъ различныя, но вытекающія одна изъ другой.

VIII. Въ планетахъ выражены природы четырехъ голосовъ—дисканта, альты, тенора и баса.

IX. Доказательство, что для полученія этого гармоническаго расположенія эксцентриситеты планетъ должны были быть установлены тѣми самыми, какой каждая изъ нихъ имѣеть, а не иными.

X. Эпиграфъ о солнцѣ, на основаніи весьма вѣснѣхъ соображеній.

§ 4. Извѣстно, что если къ тремъ Кеплеровымъ законамъ планетныхъ движеній присоединить три общія динамическія принципа: принципъ инерціи, принципъ независимаго дѣйствія силъ, принципъ дѣйствія и противодѣйствія, — то отсюда путемъ не особенно сложной дедукціи получается Ньютонъ

свѣтъ и открытъ въ исплѣтливѣйшей формѣ (выше того, на что когда либо могъ надеяться), что вся природа гармонія, сколь она ни разнообразна съ всеми своими частями, изложена въ III книгѣ, находится среди небесныхъ движеній, и притомъ не въ томъ видѣ, въ какомъ я раньше предполагалъ (эта сторона составляетъ для меня особенную радость), но въ совершенно иномъ, одновременно и замѣчательнѣйшемъ и совершеннѣйшемъ. Въ то промежуточное время, когда меня удерживало въ сомнѣніи чрезвычайное трудное воспроизведеніе движеній, подошло, въ особую приращенію моего страстнаго стремленія и какъ явче побужденіе къ намѣченной цѣли, чтеніе Гармоникъ Птоломея (каковія рукописи переслать мнѣ превосходный мужъ, рожденный для того, чтобы синтезировать философію и вообще всякому роду учености, Іоаннъ Георгій Гервардъ, канцлеръ Баваріи), въ я сверхъ ожиданія и съ величайшимъ удивленіемъ нашелъ, что почти вся эта третья книга посвящена, на тысячу пятьсотъ лѣтъ раньше, тому же исследованію небесной гармоніи. Конечно, въ ту эпоху многого еще недоставало астрономіи, и Птоломею могъ, приступая къ исследованію безъ усѣбъ, разочаровать другихъ, такъ какъ могло бы показаться, что онъ скоро разсказалъ, вмѣстѣ съ Цицероновымъ Сипціономъ, нѣкое сладостное Пинагорейское спорадическое нежиданіе принесъ пользу философіи; но меня какъ то несовершенство древней астрономіи, такъ и это самое, до черточка точное согласіе въ разсужденіяхъ двухъ лицъ, отдѣльныхъ промежуткомъ въ пятнадцать вѣковъ, въ высшей степени уверяли въ преслѣдованій цѣли. Въ чѣмъ много словъ? Сама природа вещей шла объявиться людямъ черезъ различныхъ, отдѣльныхъ промежуткомъ въ цѣлые вѣка, толмачей; переть Ножій былъ, чтобы и говорить съ евреями о томъ, какъ здѣсь въ умахъ двухъ людей, воплѣтъ предвѣвшихъ созерцанію природы образовалось, одно и то же представленіе о мірозданіи, хотя ни одинъ изъ нихъ не былъ вождемъ другому при вступленіи на этотъ путь. Послѣ того, какъ всемиладцать вѣснѣцъ тому назадъ появился первый свѣтъ, три мѣсяца тому назадъ наступила настоящій день, а за нѣсколько дней засяло само истинное солнце удивительнѣйшаго созерцанія, ничто уже не удерживаетъ меня: я хочу дать волю священному несогласію, я хочу смѣяться надъ смертными, откровенно признавшись, что я похитилъ золотые сосуды агни-танъ, чтобы изъ нихъ пострить скиню моему Богу, вдалекѣ отъ предѣловъ Египта. Если вы прощаете, я возрадуюсь, если гнѣвастесь, я перенесу; вотъ я бросаю жребій и пишу книгу, которую будутъ читать современники ли, потомки ли,—это безразлично для меня, пусть она дождется своего читателя въ теченіе ста лѣтъ, если самъ Богъ въ теченіи шести тысячь лѣтъ ждалъ наблюдателя“.

новъ законъ тяготѣнія между солнцемъ и планетами. Въ исторіи физики нерѣдко выдвигается вопросъ: насколько близокъ былъ Кеплеръ къ выполнению подобной дедукціи. Понятно, что для освѣщенія этого вопроса необходимо сначала опредѣлить, въ какой формѣ и въ какой мѣрѣ были ясны Кеплеру истинныя динамическія принципы. Матеріалъ для соответствующаго опредѣленія имѣется въ *Astronomia nova*, а также въ третьемъ большомъ астрономическомъ трудѣ Кеплера, носящемъ заглавіе *Epitome Astronomiæ Copernicanae* и вышедшемъ въ свѣтъ частями въ теченіе 1618—1621 годовъ¹⁾. Во введеніи къ *Astronomia nova* Кеплеръ кратко и ясно излагаетъ свои основныя динамическія представленія въ слѣдующихъ словахъ:

„Истинное ученіе о тяжести основывается на слѣдующихъ аксіомахъ²⁾:

1. Всякая тѣлесная субстанція, поскольку она тѣлесна, бываетъ отъ природы приспособлена покоиться во всякомъ мѣстѣ, въ которомъ она будетъ помѣщена уединенно, внѣ круга дѣйствія сроднаго тѣла.

2. Тяжесть есть взаимное тѣлесное расположеніе къ соединенію между сродными тѣлами (къ каковому порядку вещей относится и магнитная способность), такъ что земля влечетъ камень гораздо болѣе, нежели камень стремится къ землѣ.

3. Тяжелыя тѣла (въ особенности если мы помѣстимъ землю въ центрѣ вселенной) не стремятся къ центру вселенной, какъ къ центру вселенной, но какъ къ центру круглаго сроднаго тѣла, то-есть земли. Итакъ, гдѣ бы ни помѣстилась или куда бы ни перенеслась земля своею живою способностью, всегда къ ней будутъ стремиться тяжелыя тѣла.

4. Если бы земля не была кругла, тяжелыя тѣла не стремились бы отовсюду прямо къ средоточію земли, но стремились бы съ различныхъ сторонъ къ различнымъ точкамъ.

5. Если бы въ какомъ-либо мѣстѣ вселенной были помѣщены другъ близъ друга два камня, внѣ круга дѣйствія третьяго сроднаго тѣла, то эти камни сошлись бы, наподобіе двухъ магнитныхъ тѣлъ, въ [нѣкоторомъ] промежуточномъ мѣстѣ, при чемъ каждый придвинулся бы къ другому на такое разстояніе, какъ велика по сравненію массивность другого.

6. Если бы луна и земля не удерживались живою или какою нибудь другою равнозначною силою, каждая на своей орбитѣ, то земля поднялась бы къ лунѣ на пятьдесятъ четвертую часть разстоянія [между ними], луна опустилась бы къ землѣ приблизительно на $\frac{58}{54}$ разстоянія, и тутъ онѣ соединились бы (предполагая, что вещество обѣихъ имѣетъ одну и ту же плотность).

7. Если бы земля перестала притягивать къ себѣ свои воды, то всѣ морскія воды поднялись бы и перелились бы на тѣло луны“³⁾...

Перейдемъ къ разбору содержанія отдѣльныхъ аксіомъ

1. Первая аксіома есть ни что иное, какъ законъ инерціи, однако, выраженный только, такъ сказать, наполовину. Кеплеру совершенно неизвѣстно, что тѣло „отъ природы“ можетъ не только покоиться, но и двигаться равно, мѣрно по прямой. (Поэтому дѣлаютъ ошибку тѣ авторы⁴⁾, которые приписы-

1) *Epitome*—извлечение. Изъ трехъ крупнѣйшихъ астрономическихъ сочиненій Кеплера *Epitome* является наиболѣе систематически изложеннымъ и наиболѣе удобочитаемымъ. Въ сущности это—очень хорошій курсъ астрономіи, который былъ бы интересенъ и для современнаго читателя.

2) Нумерація аксіомъ принадлежитъ автору настоящей статьи. У Кеплера этой нумераціи нѣтъ.

3) Далѣе идетъ объясненіе приливовъ притягательнымъ дѣйствіемъ луны.

4) Какъ, напр., Comte, *Cours de philosophie positive*, 3-me éd, t. I, p. 404.

вають Кеплеру открытіе закона инерціи въ полномъ видѣ). Напротивъ того, Кеплеръ полагаетъ, что „матерія, какъ таковая, не имѣетъ никакой способности переносить свое тѣло отъ мѣста къ мѣсту“¹⁾.

Въ такомъ половинчатомъ видѣ Кеплеръ выдвигаетъ законъ инерціи весьма часто²⁾.

Значеніе этого тезиса у Кеплера, главнымъ образомъ,—коленическое, противъ Аристотелевой школы. По Аристотелю, всякое тѣло естественнымъ образомъ стремится занять свойственное ему мѣсто; такимъ мѣстомъ для тѣлъ „тяжелыхъ“ является центръ вселенной, а для тѣлъ „легкихъ“—ея периферія. Движенія, возникающія въ результатъ этого естественнаго стремленія, назывались *естественными*; всякое другое движеніе причислялось къ *насильственнымъ*. Всякое насильственное движеніе (напр., движеніе брошеннаго тѣла) необходимо затухаетъ; наоборотъ, движенія естественныя (какъ движеніе свободно падающаго тѣла) ускоряются. Интересно, что у Аристотеля въ одномъ мѣстѣ (Физика, кн. IV, гл. 11) встрѣчается представленіе о такомъ движеніи, какое мы называемъ „движеніемъ по инерціи“; но къ этому представленію Стагиритъ относится, какъ къ явной недѣльности. Рѣчь идетъ о невозможности пустоты; аргументація заключается въ слѣдующемъ: если бы существовала пустота, то было бы совершенно непонятно, почему должна была бы измѣняться скорость тѣла, движущагося въ пустотѣ. Тѣло должно было бы или вѣчно оставаться въ покоѣ, или вѣчно двигаться, пока его не остановило бы какое-либо препятствіе. А такъ какъ въ природѣ этого не происходитъ, то, стало быть, пустоты не существуетъ.

Кеплеръ борется съ представленіемъ о „естественномъ“ стремленіи тѣлъ двигаться къ центру вселенной (или къ периферіи ея); вотъ почему ему, прежде всего, необходимо установить аксіому о естественной склонности тѣлъ къ покою (самый терминъ *inertia* для означенія этой склонности введенъ, повидимому, имъ.)

2—7. Слѣдующія аксіомы Кеплера содержатъ вполне здравое ученіе о тяготѣнн³⁾. Въ особенности замѣчательно положеніе объ обратной пропорціональности между массами и движеніями двухъ взаимно-притягивающихся тѣлъ (можно сказать, что въ этомъ положеніи скрыто заключается Ньютонъ законъ дѣйствія и противодѣйствія). Кеплеръ иллюстрируетъ это положеніе примѣромъ двухъ камней, примѣромъ земли и луны (причемъ считаетъ отношеніе объемовъ земли и луны равнымъ 53 : 1 вмѣсто правильнаго 50 : 1). Могла бы поселить нѣкоторое недоумѣніе фраза 2 й аксіомы: „земля влечетъ камень гораздо болѣе, нежели камень стремится къ землѣ“; однако, здѣсь слово *болѣе* относится, конечно, не къ *силѣ дѣйствія*, а къ *результату дѣйствія силы*—къ движенію, точно такъ же, какъ это имѣло мѣсто въ упомянутыхъ только-что примѣрахъ.

Мы видимъ, что изъ динамическихъ принциповъ Кеплеръ владѣлъ первой половиной принципа инерціи и принципомъ дѣйствія и противодѣйствія. Вторая половина принципа инерціи ему была совершенно чужда; что касается принципа независимаго дѣйствія силы, то по отношенію къ нему Кеплеръ имѣлъ довольно сбивчивыя представленія⁴⁾. Ясно, что при такихъ условіяхъ не могло быть рѣчи даже о правильномъ динамическомъ истол-

1) Epitome, lib IV (Изданіе Frisch, т. 6, стр 342).

2) См., напр. Kepleri Opera, т. 3, р 315; т 6, pp. 174, 341, 342, 345—346, 374.

3) При наличности подобныхъ прецедентовъ, едва ли есть надобность привлекать легендарное яблоко къ объясненію того, почему Ньютонъ сталъ размышлять о тяготѣнн и его причинахъ.

4) См. Opera, т. 6, pp. 181, 345—346.

кованіи закона площадей; не говоря уже объ истолкованіи двухъ остальныхъ законовъ планетныхъ движеній, болѣе трудномъ ¹⁾. Тѣмъ не менѣе Кеплеръ интуитивнымъ путемъ подходилъ очень близко даже къ количественной законѣрности тяготѣнія. Стараясь въ *Epitome* объяснить механически дѣйствіе солнца на планеты, онъ пользуется, какъ моделями и вспомогательными средствами, то закономъ рычага, то магнитными взаимодействіями. то, наконецъ, сравниваетъ исходящую изъ солнца силу, дѣйствующую на планеты, съ исходящими изъ него же лучами свѣта и тепла; отсюда онъ приходитъ къ вопросу: если освѣщеніе убываетъ пропорціонально квадрату разстоянія, то не будетъ ли обратно пропорціональна квадрату разстоянія также и движущая сила. Однако, отвѣчаетъ на этотъ вопросъ отрицательно ²⁾.

Можно высказать, какъ вѣроятную догадку, что если бы Кеплеръ прочелъ Галилеевы *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze attenenti alla Mecanica e ai movimenti locali* (гдѣ съ полною ясностью развиты тѣ самыя динамическіе принципы, знанія которыхъ недоставало Кеплеру), то онъ, помощью своего генія и своего изслѣдовательскаго упорства, сумѣлъ бы дойти до количественной формулировки закона тяготѣнія. Но смерть застала Кеплера въ 1630 году, а *Discorsi* вышла въ свѣтъ въ 1638.

А. Баиинскій.

¹⁾ Поэтому не совсемъ правы авторы комментарія къ французскому переводу Ньютоновыхъ *Principia*, когда они съ отъикомъ укоризны говорятъ о Кеплерѣ: „il n'a pas tiré de ce principe (принципъ тяготѣнія) ce qu'on auroit dû croire qu'un aussi grand homme que lui en auroit tiré“. [*Principes math. de la Phil. Nat.*, II, Exposition abrégée du Système du Monde, p. 5 (1759)].

²⁾ *Opera*, t. 6, p. 349.