



**НЬЮТОН**  
(с картины Кнеллера)

---

# A X I O M A T A S I V E L E G E S M O T U S

---

## Lex. I.

*Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.*

**P**rojectilia perseverant in motibus suis nisi quatenus a resistencia aeris retardantur & vi gravitatis impelluntur deorsum. Trochus, cujus partes cohærendo perpetuo retrahunt sese a motibus rectilincis, non cessat rotari nisi quatenus ab aere retardatur. Majora autem Planetarum & Cometarum corpora motus suos & progressivos & circulares in spatiis minus resistantibus factos conservant diutius.

## Lex. II.

*Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressæ, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.*

Si vis aliqua motum quemvis generet, dupla duplum, tripla triplum generabit, sive simul & semel, sive gradatim & successive impressa fuerit. Et hic motus quoniam in eandem semper plagam cum vi generatrice determinatur, si corpus antea movebatur, motui ejus vel conspiranti additur, vel contrario subducitur, vel obliquo oblique adjicitur, & cum eo secundum utriusq; determinationem componitur.

## Lex. III.

American Institute of Physics

*Ньютон представил свои Philosophiæ Naturalis Principia Королевскому обществу в трех выпусках в 1686 и 1687 гг. Здесь воспроизведены три закона движения, которые служат основой механики уже в течение трех веков.*

# АКСИОМЫ ИЛИ ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ

## ЗАКОН I

*Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние.*

Брошенное тело продолжает удерживать свое движение, поскольку его не замедляет сопротивление воздуха и поскольку сила тяжести не побуждает это тело вниз. Волчок, коего части вследствие взаимного сцепления отвлекают друг друга от прямолинейного движения, не перестает вращаться (равномерно), поскольку это вращение не замедляется сопротивлением воздуха. Большие же массы планет и комет, встречая меньшее сопротивление в свободном пространстве, сохраняют как поступательное, так и вращательное движение в продолжение гораздо большего времени.

## ЗАКОН II

*Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.*

Если какая-нибудь сила производит некоторое количество движения, то двойная сила произведет двойное, тройная — тройное действие, будут ли они приложены разом все вместе или же последовательно и постепенно. Это количество движения, которое всегда происходит по тому же направлению, что и производящая его сила, если тело уже находилось в движении, при совпадении направлений прилагается к количеству движения тела, бывшему ранее, при противоположности — вычитается, при наклонности — прилагается наклонно и соединяется с бывшим ранее, сообразно величине и направлению каждого из них.

---

Три закона движения впервые переведены с латыни на русский язык А. Н. Крыловым в 1913 г. Этот перевод помещен в Собрании сочинений А. Н. Крылова, т. VII, 1936 г. Перевод снабжен обширными примечаниями, в которых, в частности, восстановлены доказательства многих утверждений Ньютона (см. также А. Н. Крылов, Мои воспоминания, Изд-во АН СССР, 1945, стр. 218, 512).

[ 13 ]  
Lex. III.

*Actioni contrariam semper & æqualem esse reactionem : sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse æquales & in partes contrarias dirigi.*

Quicquid premit vel trahit alterum, tantundem ab eo premitur vel trahitur. Siquis lapidem digito premit, premitur & hujus digitus a lapide. Si equus lapidem funi allegatum trahit, retrahetur etiam & equus æqualiter in lapidem: nam funis utrinque distentus eodem relaxandi se conatu urgebit Equum versus lapidem, ac lapidem versus equum, tantumque impedit progressum unius quantum promovet progressum alterius. Si corpus aliquod in corpus aliud impingens, motum ejus vi sua quomocumque mutaverit, idem quoque vicissim in motu proprio eandem mutationem in partem contrariam vi alterius (ob æqualitatem pressionis mutuae) subibit. His actionibus æquales fiunt mutationes non velocitatum sed motuum, (scilicet in corporibus non aliunde impeditis: ) Mutationes enim velocitatum, in contrarias itidem partes factæ, quia motus æqualiter mutantur, sunt corporibus reciproce proportionales.

### ЗАКОН III

*Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе — взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны.*

Если что-либо давит на что-нибудь другое или тянет его, то оно само этим последним давится или тянется. Если кто нажимает пальцем на камень, то и палец его также нажимается камнем. Если лошадь тащит камень, привязанный к канату, то и, обратно (если можно так выразиться), она с равным усилием оттягивается к камню, ибо натянутый канат своею упругостью производит одинаковое усилие на лошадь в сторону камня и на камень в сторону лошади, и насколько этот канат препятствует движению лошади вперед, настолько же он побуждает движение вперед камня. Если какое-нибудь тело, ударившись о другое тело, изменяет свою силу его количество движения на сколько-нибудь, то оно претерпит от силы второго тела в своем собственном количестве движения то же самое изменение, но обратно направленное, ибо давления этих тел друг на друга постоянно равны. От таких взаимодействий всегда происходят равные изменения не скоростей, а количеств движения, в предположении, конечно, что тела никаким другим усилиям не подвергаются. Изменения скоростей, происходящие также в противоположные стороны, будут обратно пропорциональны массам тел, ибо количества движения получают равные изменения. Этот закон имеет место и для притяжений, как это будет доказано в поучении.

*Леве́рье, предска́завший в 1846 г. существование планеты Нептун по возмущениям орбиты Урана, в 1859 г. опубликовал новые расчеты орбиты Меркурия. Из этих расчетов вытекало, что смещение перигелия Меркурия несколько больше, чем это можно объяснить влиянием других планет.*

Connaissant les valeurs de  $a$  et  $a'$ , on peut éliminer  $\delta e$  entre les équations dont ces quantités sont les seconds membres. On tombe ainsi sur la relation

$$2,72 \delta e + \delta \pi = + 10'', 27.$$

Semblablement on tire, par l'élimination de  $\delta n$  entre les équations dont les seconds membres sont égaux à  $b$  et  $b'$ ,

$$2,72 \delta e' + \delta \pi' = + 0'', 392.$$

On voit donc que la discussion des observations des passages de la planète sur le Soleil fournira une relation précise entre l'excentricité et la longitude du périhélie; mais que pour déterminer l'un de ces deux éléments, il sera indispensable de recourir à l'emploi des observations méridiennes.

Le mouvement annuel  $2,72 e' + e'' = + 0'', 392$  doit fixer notre attention; cette quantité étant essentiellement liée aux valeurs admises pour les masses des planètes. Les variations séculaires de l'excentricité et du périhélie de Mercure ont été calculées en attribuant aux masses des planètes les valeurs fournies par des considérations étrangères à la théorie de Mercure, mais qu'on avait lieu de croire fort exactes. On pouvait donc espérer que la discussion des observations de Mercure confirmerait simplement les recherches antérieures. Or il n'en est rien: nous voyons ici que le triple environ du mouvement séculaire de l'excentricité, ajouté au mouvement séculaire du périhélie, donnent une somme que les observations font plus grande de  $39''$  que celle qui résulte du calcul. La partie de cette somme, due à l'action de Venus, est égale à  $288''$ , par le calcul fondé sur la valeur  $0,000\ 002\ 488\ 5$  de la masse: et en conséquence, pour faire concorder la théorie avec les observations de Mercure, on devrait augmenter la masse, reçue pour Venus, de pres de un septième de sa valeur!

*Здесь воспроизведена страница из работы Леве́рье «Théorie et tables du mouvement de Mercure», Annales de l'Observatoire Impériale de Paris, V, 78. Ниже приведен русский перевод этого отрывка.*

Зная величины  $a$  и  $a'$ , можно исключить  $\delta\epsilon$  из уравнений, в которых эти величины являются соответственно правыми частями. Тогда мы приходим к уравнению

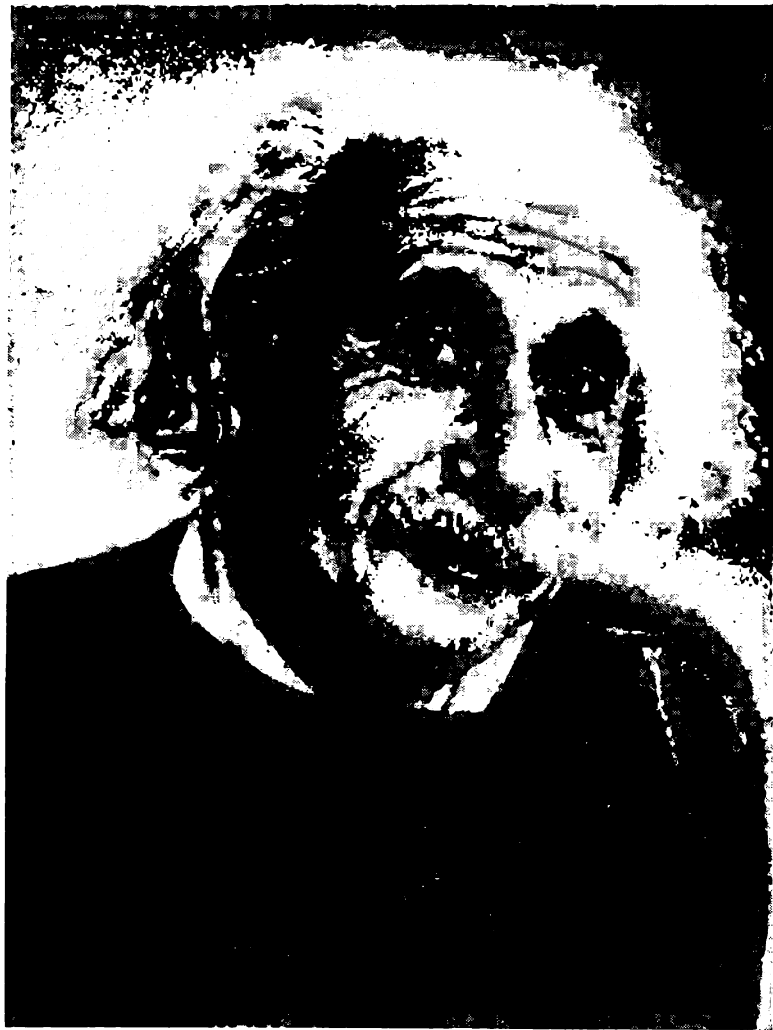
$$2,72 \delta\epsilon + \delta\omega = +10'',27.$$

Аналогично можно получить исключением  $\delta l$  из уравнений, правые части которых равны соответственно  $b$  и  $b'$ :

$$2,72 e' + \omega = 0'',392.$$

Следовательно, мы приходим к выводу, что наблюдение покрытия Солнца планетами может предоставить в наше распоряжение строгую связь между эксцентриситетом и долгой перигелия, однако для определения какого-то одного из этих двух элементов следует обратиться к меридианальным наблюдениям.

Годовое смещение  $2,72 e' + \omega = +0'',392$  требует особого внимания; эта величина тесно связана с выбранными значениями масс планет. Вековые вариации эксцентриситета и перигелия Меркурия были рассчитаны с использованием тех значений масс планет, которые были получены на основе соображений, не имеющих отношения к теории Меркурия, но по отношению к которым не возникает сомнений в их абсолютной точности. Следовательно, можно с полным основанием ожидать, что обработка наблюдений за Меркурием просто подтвердит полученные ранее результаты. Однако оказалось, что это совсем не так. Мы обнаружили, что если сложить, грубо говоря, утроенное (вековое) изменение эксцентриситета со смещением перигелия, в сумме получится величина, на  $39''$  превосходящая значение, полученное из теоретических данных. Та часть суммы, которая может быть приписана влиянию Венеры, составляет  $288''$ , причем в вычислениях использовано значение ее массы, равное  $0,000\,002\,488\,5$  массы Солнца. Таким образом, для того чтобы теория Меркурия согласовалась с данными наблюдений, следовало бы увеличить массу Венеры приблизительно на одну седьмую часть использованного значения!



ЭЙНШТЕЙН,

1946 г.



... Ich sende Ihnen einige Artikel.  
Sie sehen, dass ich wieder einmal einen  
Kartendruck umgeworfen und ein neues  
gebaut habe; wenigstens der Mittelbau  
ist neu. Die Erklärung der empirischen  
vollkommenen geistlichen Perihel-Bewegung  
ist: Merkur macht mir große Freude,  
weil ich in der Tat die Tatsache, dass  
ich mich nun doch die allgemeine  
Kovarianz des Gravitationsgesetzes  
hat durchführen lassen.  
Sie, Ihre Familie u. holl. Involuntarier  
grüßt herzlich Ihr  
A. Einstein.

Estate of Albert Einstein

### ФОТОКОПИЯ ПИСЬМА ЭЙНШТЕЙНА НАТАНСОНУ.

«Я посылаю Вам несколько моих статей. Вы увидите, что я еще раз сломал свой карточный домик и построил новый; по крайней мере его центральная структура сделана по-новому. Объяснение смещения перигелия Меркурия, существование которого имеет убедительное экспериментальное подтверждение, было для меня чрезвычайно радостным, однако в неменьшей степени мне было приятно и то, что общая ковариантность законов тяготения в конце концов привела к столь замечательному результату».

К 1915 г. Эйнштейн развил теорию тяготения до такой степени, что смог дать объяснение открытию Леверрье. Автограф Эйнштейна, воспроизведенный на фотографии и переведенный выше, взят из письма Эйнштейна, датированного 15 декабря 1915 г.; оно адресовано другу и коллеге Эйнштейна — польскому физика и математику Владиславу Натансону (1864—1937).



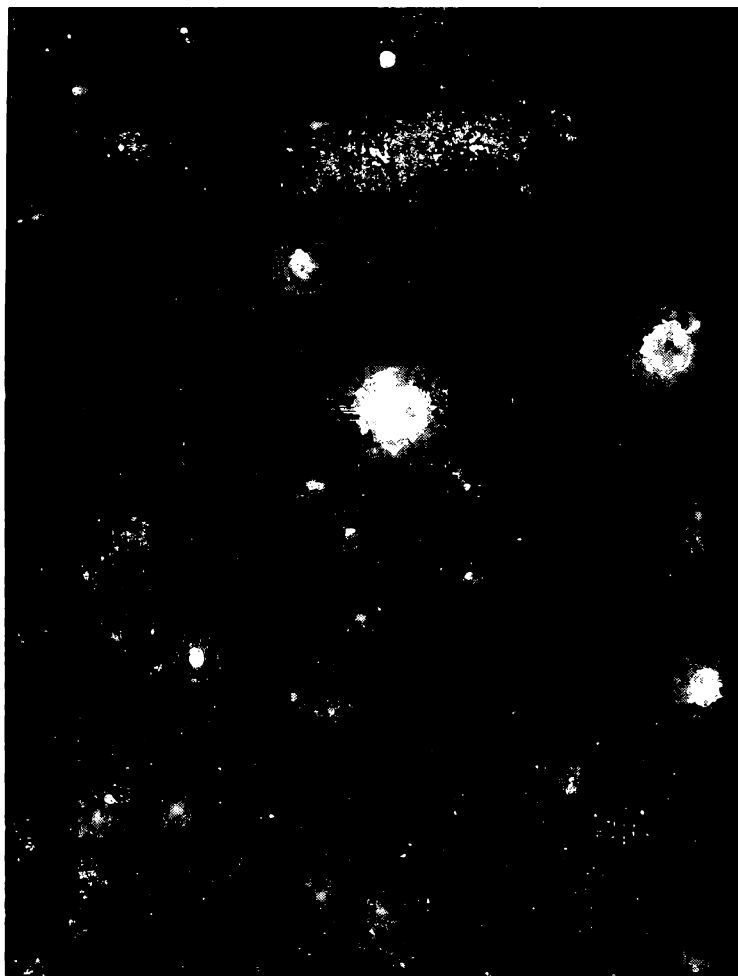
*Эйнштейн вместе с двумя своими сотрудниками — Валентином Баргманом (слева) и автором (справа) — идут к Институту усовершенствования в Принстоне (1940).*



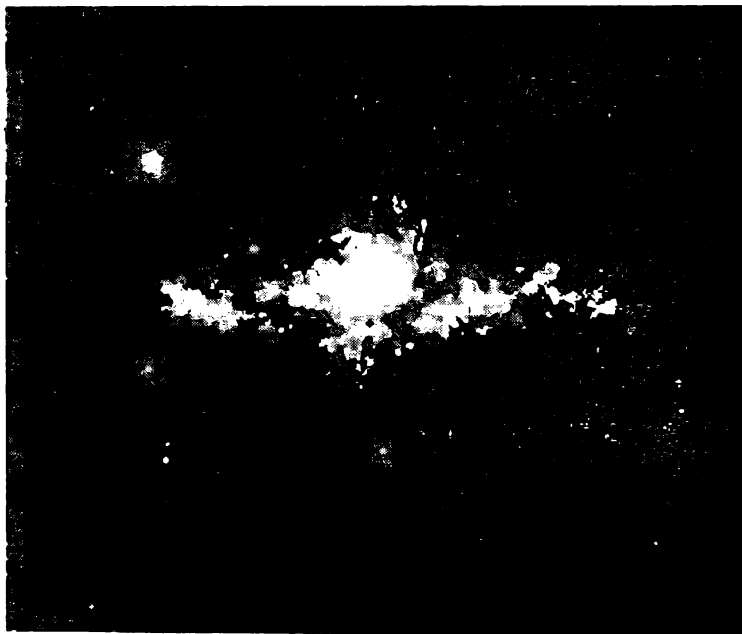
*Фульд Холл, где находился рабочий кабинет Эйнштейна.*



*За работой в кабинете Эйнштейна. У доски слева Баргман и Эйнштейн, справа автор.*

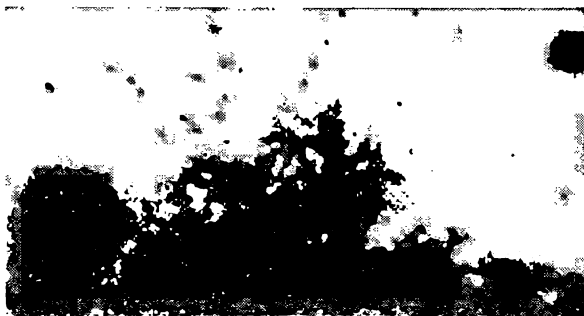


*3C-273 — один из ярчайших квазаров. На этой фотографии, полученной на Паломарской обсерватории с помощью 200-дюймового рефлектора Сендеджем, отчетливо виден «выброс», простирающийся примерно на 150 000 световых лет от сердцевины. Выброс — источник интенсивного радиоизлучения, состоит из сильно ионизированного газа, электроны которого движутся по спиралям вдоль силовых линий магнитного поля. Материал выброса был вытолкнут из сердцевины с большой энергией по крайней мере за миллион лет до момента наблюдения (свет от квазара 3C-273 идет несколько миллиардов световых лет, прежде чем достигнет Земли).*



*Потоки ионизированного газа, испускающие сильное радиоизлучение, наблюдаются также и в других системах, испытавших на себе взрывы. На приводимой фотографии, также полученной Сендеджем, воспроизведена так называемая радиогалактика М-82. Фотография была сделана с фильтром, через который проходит только излучение возбужденного водорода (линия  $H_{\alpha}$ ). Такая техника позволяет выделить яркие нити по обоим краям сравнительно плоской галактики, наблюдаемой сбоку.*

a)



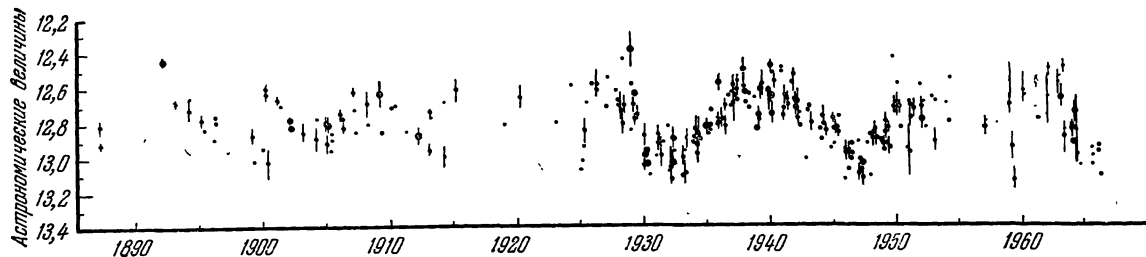
б)



в)



На фотографиях воспроизведен небольшой участок радиогалактики М-82. Фотография а) была получена с помощью желтого фильтра, б) через фильтр-поляроид, направление которого совпадало с направлением плоскости галактики; поляроид при получении фотографии в) был направлен нормально плоскости галактики. Нитеобразная структура, хорошо видимая на снимке а), по большей части сохраняется и на б), ее почти не видно на в). Высокая степень поляризации излучения говорит о том, что основная доля излучения, испускаемого нитями, обязана электронам высокой энергии (синхротронное излучение). Этот результат, наряду с оценками скорости струи, показывает, что нити были выброшены из диска М-82 около  $1,5 \cdot 10^6$  лет до времени наблюдения.



Выбросы и нити говорят нам о взрывах в прошлом. Изменения интенсивности, которые наблюдаются у квазара 3С-273 и других квазаров, указывают на то, что эти объекты вовсе не находятся в стационарном состоянии. На приводимом графике сведены изменения визуальной яркости 3С-273, обнаруженные Г. Смитом и его сотрудниками, пересмотревшими фотографические пластинки, полученные на протяжении последних восьмидесяти лет и, к счастью, включавшие в себя и 3С-273. Несколько тысяч отдельных определений астрономической величины сопоставлены с датой получения каждой фотографии. Поскольку одна астрономическая величина представляет интенсивность радиоизлучения, грубо говоря в отношении 2,5 : 1, квазар 3С-273 изменяет интенсивность светового излучения несколько раз за период наблюдения примерно на 50%.