

УДК 532; 531.091

## Первые математики и механики ППШ и Института Франции

**В. И. Яковлев**

Пермский государственный национальный исследовательский университет  
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15  
iakovlev@psu.ru; 8(342) 239 6298

Приводятся краткие биографические сведения о первых математиках и механиках Парижской Политехнической школы и института Франции.

**Ключевые слова:** математики; механики; Парижская политехническая школа; Институт Франции.

DOI: 10.17072/1993-0550-2019-1-90-109

В начале XX в. под первым балконом на всех четырех сторонах Эйфелевой башни в Париже были размещены портреты 72 наиболее выдающихся французских ученых и инженеров XVIII – XIX вв. В их числе портреты механиков и математиков: Ж.Ж. Лаланда, Ж.Л. Лагранжа, Ш.О. Кулона, Г. Монжа, П.С. Лапласа, А.М. Лежандра, Л. Карно, Г. Прони, Ж. Фурье, А.М. Ампера, Л. Пуансо, Ж.Л. Гей-Люссака, С.Д. Пуассона, А. Навье, Ф. Араго, Ж.В. Понселе, О.Л. Коши, Г.Г. Кориолиса, М. Шаля, Г. Ламе, Ш.Ф. Штурма, У. Лавретье. Некоторые из этих ученых были первыми профессорами Парижской политехнической школы (ППШ) и членами Института Франции.

### 1. Шарль Боссю

Среди первых профессоров ППШ был известный механик и математик, энциклопедист аббат **Шарль Боссю** (1730–1814). Боссю родился в предместье Лиона Тартарас 11 августа 1730 г. В 1750 г. он окончил иезуитский коллеж в Лионе (получил сан аббата), который раньше него окончил Ж.Э. Монтюкла, а несколькими годами позже – Ж.Ж. Лаланд. Как и его предшественники, он увлекся математикой, поэтому вскоре карьера священника его перестала интересовать. Пе-



реписка Шарля с секретарем Академии наук Фонтенелем позволила лично познакомиться с А. Клеро и Ж.Л. Даламбером, ставшими его научными наставниками.

Научная карьера Шарля Боссю началась в 1752 г., когда академик Ш. Камю содействовал назначению Боссю на место профессора математики в Мезьерскую Королевскую военно-инженерную школу. Боссю посвятил этой школе более 40 лет своей научной и педагогической деятельности (до реорганизации в 1794 г.). Здесь Боссю опубликовал свои первые учебные трактаты по механике ("Основания динамики" (1763), "Трактат по гидродинамике" (1771), "Основания статики" (1772) и другие) и математике, которые впоследствии составили полный 7-томный курс математики. Здесь он проводил свои знаменитые эксперименты по определению сопротивления жидкостей, здесь свои знания, опыт и любовь к математике он передавал ученикам школы, среди которых были будущие знаменитые ученые и инженеры Г. Монж, Ш. Кулон, Ж. Борда, Л. Карно, Ж. Ашетт.

В том же 1752 г. Боссю стал корреспондентом Парижской академии наук, начал публиковать научные статьи, активно участвовать в научных конкурсах Академии и часто становился их победителем (в конкурсах по исследованию влияния среды на движение планет, по определению расположения грузов на кораблях, по изучению законов движения жидкости в каналах). В 1768 г. он переходит на должность экзаменатора Мезьерской шко-

лы и становится академиком-адъюнктом Академии наук, а уже в следующем году получает статус ассоциированного академика. В 1775 г. в Париже была открыта Королевская военная школа (располагалась в Лувре), в которую Боссю был приглашен на должность заведующего кафедрой гидродинамики. После его отъезда из Мезьера, кафедру математики в Мезьерской школе занял его ученик Г. Монж.

Период 1770–1780-х гг. был самым плодотворным в творчестве Шарля Боссю. Именно в этот период он совместно с Даламбером и Кондорсе проводил знаменитые опыты по определению сопротивления судов, были опубликованы его главные научные труды, некоторые из них стали издаваться в других странах (Италии, Португалии, Пруссии), он был избран иностранным членом нескольких европейских академий (Лионской, Туринской, Болонской – с 1773 г., Петербургской, Берлинской – с 1778 г.). В 1783 г. Боссю был назначен заместителем директора, а в следующем году – директором Академии наук. Однако уже в 1785 г., в результате административной реформы Академии, он освободился от этих обязанностей и был избран академиком-пансионером.

В 1795 г., после открытия ППШ, Боссю стал ее профессором-экзаменатором (по гидромеханике), а с учреждением Института Франции вошел в первый состав его членов. Последние годы жизни Шарля Боссю были посвящены преподавательской деятельности (до выхода на пенсию в 1808 г.) и подготовке к изданию многочисленных трудов по теоретической и прикладной механике, математике и истории этих наук: двухтомного "Очерка общей истории математики" (1802), 7-томного курса математики (1800–1808), дополненного ранее не издававшимися томами, посвященными дифференциальному и интегральному исчислениям. Книги Боссю, адресованные не только ученым, но и студентам, неоднократно переиздавались во Франции и других странах (были переведены на английский, итальянский, немецкий, португальский и русский языки), по ним учились во многих европейских странах вплоть до конца XIX столетия.

Вся жизнь Шарля Боссю была посвящена научной и образовательной деятельности. Он не занимался политикой, не стремился к административным должностям, никогда не был женат, у него не было детей. Но его имя было хорошо известно в научном мире

той эпохи. Доказательством тому были популярные анекдоты. Вот один из них. У постели умирающего, совсем ослабшего Боссю собрались его друзья и ученики. Кто-то сказал: "Он уже не дышит". Другой возразил: "Шарль, сколько будет 12 в квадрате?". Послышался тихий ответ: "144". 14 января 1814 г. его не стало. Но в Париже есть улица Шарля Боссю.

## 2. Гаспар Монж

Совсем иным был граф де Пелюз, больше известный как **Гаспар Монж** (Gaspard Monge, 1746–1818). Он родился в г. Бон 10.05.1746 г. в небогатой семье торговца, мечтавшего дать своим пятерым детям наилучшее образование. И это ему удалось. Гаспар и два его младших брата стали профессорами. Гаспар окончил коллеж



и, проявив способности к математике, черчению и рисованию, получил приглашение работать в нем преподавателем. Но он решает поступить в престижную Мезьерскую школу, хотя его происхождение позволяло учиться только на вспомогательном унтер-офицерском отделении и без стипендии.

Здесь Гаспар знакомится с профессором Ш. Боссю и в 1769 г. получает должность его ассистента по кафедре математики. Но уже через год 24-летний Монж становится профессором сразу по двум кафедрам: математики и физики. Однако истинный диапазон его научных интересов был гораздо шире: геометрия, механика, черчение, фортификация, химия, металлургия, гидродинамика, строительное и камнерезное дело. В Мезьерской школе Монж проработал 15 лет. Именно здесь были заложены основы новой науки, прославившей его имя, – начертательной геометрии, написаны его первые научные работы по механике и математике. В 1772 г., по рекомендации академиков Даламбера, Кондорсе и Боссю, Гаспар Монж был избран ассоциированным членом Парижской академии наук. А через восемь лет (в 1780 г.) он стал действительным членом Академии и переехал в Париж, сохранив за собой место профессора в Мезьерской школе.

Монж был замечательным лектором. Свои лекции по начертательной геометрии он читал с большим подъемом, вкладывая в них

глубокий ум и страсть молодого ученого. Читая лекции, Монж любил "лирические отступления", в которых сообщал много нового и интересного. Его речь покоряла слушателей. Ученики, одним из которых был Лазар Карно, любили своего профессора и после лекций часто провожали его домой. До 1784 г. он жил поочередно в Мезьере и Париже (по полгода), преподавал гидродинамику и гидрографию в Королевской школе в Лувре, был экзаменатором морских школ, близко познакомился и стал сотрудничать со многими парижскими учеными (особенно с Бертолле), писал и издавал труды по математическому анализу, практической механике, химии.

С началом революционных событий в Париже Монж стал активным, а вскоре и одним из самых главных участников революции, провозгласившей социальную справедливость и свободу. Он участвовал в работе Комиссии мер и весов, во французских портах организовал 12 школ для подготовки гидрографов, в 1792–1793 гг. был морским министром и даже исполнял обязанности президента Временного исполнительного совета (правительства), подписавшего приговором о казни короля и объявившего войну Англии.

Однако у него не было необходимого административного и военного опыта, и с апреля 1793 г. он продолжил деятельность во имя революции, организуя производство пороха, стали, пушек, ружей. Он занимался научной и преподавательской деятельностью, организацией Парижской политехнической школы и Института Франции, участвовал в работе комиссии по отбору (в счет контрибуции) памятников искусства и науки, завоеванных армией Республики в Италии. В 1798–1799 гг. Монж участвовал в Египетской экспедиции Наполеона, был назначен главой Института Египта (по аналогии с Институтом Франции), а после возвращения в Париж – директором ППШ.

В 1803 г. Монж назначен вице-президентом Сената, сенатором Льежа. Позднее, за заслуги перед Империей, он получил высшую степень ордена Почетного легиона, в 1806 г. назначен президентом Сената на очередной годичный срок, еще через год получил титул графа Пелузского и 100 000 франков для покупки имения. В связи с ухудшением здоровья он оставляет преподавание, но продолжает научную работу, консультации, выполняет поручения Императора, которому оставался верен до конца. Даже после свер-

жения Наполеона Монж оставался приверженцем Империи.

После восстановления королевской власти Монж был лишен званий, наград, пенсии, исключен из ППШ (правда, всего лишь на год) и Института (в 1816 г.). 28 июля 1818 г. Гаспар Монж скончался и был похоронен на парижском кладбище Пер-Лашез. Сейчас он признан одним из выдающихся ученых и государственных деятелей Франции.

Главная научная заслуга Монжа состоит в создании одной из основных современных инженерных дисциплин – "Начертательной геометрии". Книга с таким названием, предназначенная учащимся ППШ, была опубликована в 1799 г. Монжу принадлежат важные результаты в дифференциальной геометрии. В 1804 г. издана книга "Применение анализа в геометрии", в которой он приводит свою теорию интегрирования уравнений с частными производными 1-го порядка и решение задачи о колебаниях струны.

В 1786 г. Монж издал "Элементарный трактат статики", ставший важным шагом в развитии идей и математических методов механики Вариньона и "Теории простых машин" (1781) Кулона. Книга исполняла роль учебника, однако в ней есть и элементы научной новизны. Автор предлагает свою систему определений, аксиом, теорем, задач статики. Отдельная глава посвящена теории машин и механизмов. Книга оказалась настолько удачной, что была пять раз переиздана при жизни автора и трижды (1826, 1835, 1846) после его смерти. Она была издана на немецком (1806), английском (1851) и русском (1803, 1825) языках. "Статика" Монжа получила развитие в трудах по теории механизмов (прикладной или практической, "индустриальной" механике) следующих поколений механиков: Навье, Юнга, Ламе, Сен-Венана, Понселе, Кристиана, Дюпена, Кориолиса.

### 3. Лазар Карно

**Лазар Карно** (Lazare Nicolas Marguerite Carnot, 1753–1823) – государственный и военный деятель, инженер и ученый – родился в г. Нолэ провинции Кот де Ор в большой (18 детей) семье адвоката. В 1773 г. Лазар окончил Мезьерскую военно-инженерную школу (в чине лейтенанта), в которой выявились его



незаурядные математические способности и где он познакомился с профессором Г. Монжем. Далее Карно служил в армии (на инженерных должностях), получил звание капитана, писал научные сочинения, стихи, увлекся идеями революции. После избрания депутатом Законодательного собрания (1791), Карно стал одним из главных действующих лиц революционных преобразований, а позднее – военным руководителем и соратником Наполеона. В разные годы он входил в состав Конвента (1792–1795), Комитета общественного спасения (с 1793), Директории (1795–1797), был военным министром (1800), членом Трибуната (1802), губернатором Антверпена (1814), министром внутренних дел (1815), организатором армии ("организатор побед"), ППШ, Института Франции и его академиком. Наполеон удостоил Карно титулом графа, однако в 1815 г., после возвращения к власти Бурбонов, он был вынужден навсегда покинуть Францию.

Старший сын Карно – **Сади Карно** (Nicolas Léonard Sadi Carnot, 1796–1832) – продолжил научный путь отца, став математиком и выдающимся физиком, основателем термодинамики. Младший сын – **Лазар-Ипполит Карно** (Lazare Hippolyte Carnot, 1801–1888) – продолжил политическую карьеру отца. Он известен и как отец будущего президента Франции (1887–1894) – **Марии Франсуа Садий Карно** (Marie François Sadi Carnot, 1837–1894).

Сейчас Лазар Карно известен не только как честный республиканец, выдающийся политический деятель, но и как ученый, автор трактатов "Размышления о метафизике бесконечно малых" (1797), "О соотношении геометрических фигур" (1801); "Геометрия положения" (1803); "Основные принципы равновесия и движения" (1803); "Трактат о защите крепостей" (1810), "Об устойчивости качающихся тел" (1814) и других. Многие его работы переведены на иностранные языки (в том числе – русский), он первым предложил название "комплексное число", искал способы обоснования математического анализа, критиковал теорию аналитических функций Лагранжа.

В историю механики вошел трактат Карно "Опыт о машинах вообще" (1783, в 1797 переиздан в "Математических работах гражданина Карно", в 1803 г. издан под названием "Основные принципы равновесия и движения"), претендующий на роль основополагающего. Развивая взгляды Даламбера,

автор пытается отказаться от понятия силы, сформулировать законы механики, принцип виртуальных перемещений, взятый им за основу, и записать уравнения статики и динамики применительно к изучению действия машин (механизмов).

Трактат начинается с обсуждения двух принципов статики системы тел: о наиболее низком положении центра тяжести (принцип Торричелли) и о возможных работах сил тяжести (принцип Декарта), на основе которых Карно формулирует свой принцип равновесия, записанный в аналитическом виде:

$$\sum \mathbf{F} \mathbf{u} \cos z = 0,$$

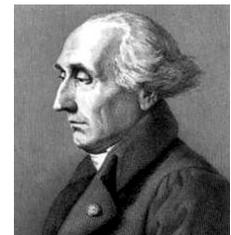
где  $\mathbf{F}$  – силы действующие на тела системы,  $\mathbf{u}$  – виртуальное перемещение тела (точки),  $\cos z$  – косинус угла между направлениями силы и скоростью (направлением движения). Величину  $\mathbf{F} \mathbf{u} \cos z$ , ныне называемую работой силы, Карно называл "моментом активности".

Увязывая свой принцип (уравнение) с принципами наименьшего действия (Мопертюи) и сохранения количества движения (Декарта), Карно распространяет его на системы деформируемых тел. Здесь же формулируется теорема сохранения живых сил (кинетической энергии) в случае соударения абсолютно твердых тел, вводятся понятия сил (движущих, сопротивления), импульсов ("моментов действия сил за время  $dt$ "), обосновывается невозможность "вечного двигателя", утверждается, что для повышения эффективности действия машин (их КПД) необходимо избегать соударений, резких скачков скорости и трения их частей.

Исследования по построению машины с наибольшим коэффициентом полезного действия (КПД) продолжил сын Лазара Карно – Сади Карно, предложивший цикл с наибольшей теоретически достижимой эффективностью, названный его именем.

#### 4. Жозеф Луи Лагранж

Одним из самых знаменитых ученых XVIII в., в частности ППШ, был **Жозеф Луи Лагранж** (Joseph Louis Lagrange, 1736–1813). Джузеппе Луиджи (так его звали в детстве) родился 25 января 1736 г. в г. Турине (Италия). Он был одиннадцатым ребенком в семье бедного казначея фабрик и строений герцогства Са-



войскового (королевство Сардинии). В 14 лет, по инициативе отца, Джузеппе становится студентом юридического факультета Туринского университета, но позднее, увлекшись математикой, переходит в Королевскую военную школу, по окончании которой там же становится преподавателем математики.

С 1755 г. он публикует свои первые статьи, начинает переписку с известными математиками (Л. Эйлером), организует научное общество, которое позднее становится Туринской академией наук. Академия начинает издание своего научного журнала "Записки Туринской академии". В том же году он совершает полугодовое путешествие в Париж, где лично знакомится с Клеро, Даламбером, Кондорсе и другими учеными. В 1756 г. Эйлер приглашает Лагранжа переехать в Берлин, но получив отказ, добивается избрания 20-летнего Лагранжа иностранным членом Берлинской академии наук.

Через 10 лет, в 1766 г. Эйлер принимает окончательное решение покинуть пост директора математического класса Берлинской академии и вновь приглашает Лагранжа занять его место. Приглашение, подкрепленное официальным хвалебным приглашением прусского короля Фридриха ("...необходимо, чтобы величайший геометр Европы проживал вблизи величайшего из королей..."), желание покинуть провинциальный Турин, поддержка Даламбера, также получившего приглашение, склонили 30-летнего Лагранжа принять предложение короля и переехать в Берлин.

Уже первые публикации Лагранжа "Исследования о природе распространения звука" (1759), об изопериметрической задаче (о кривых, обладающих свойствами максимума или минимума), опубликованные в "Туринских записках" (1759–1762), привлекли к нему внимание Даламбера и Эйлера, которые далее неизменно поддерживали своего младшего коллегу. Задача о распространении звука сводилась к изучению колебаний струны, и приведенное Лагранжем решение было не только оригинальным, но и подтверждало ранее полученные результаты Даламбера, Эйлера и Д. Бернулли.

Обращение к изопериметрической задаче также было не случайным. Эйлер, посвятивший поискам ее общего решения достаточно много усилий, в 1744 г. пришел к выводу, что искомая кривая должна быть решением некоторого дифференциального уравне-

ния, получение которого было достаточно сложным. Лагранж предложил действовать аналогично тому, как находится экстремальное значение функции. Он вводит некоторую функцию  $I(\mathbf{q})$  (функционал) от кривых  $\mathbf{I}$ , придает бесконечно малое перемещение ("возмущение", "вариация") фиксированной кривой  $\mathbf{I}(\delta\mathbf{I})$ , определяет главную часть приращения  $\delta I$  и для определения искомых кривых, для которых  $\delta I = 0$ , получает искомое дифференциальное уравнение ("Эйлера–Лагранжа"), которое Эйлер получал очень сложно. Эта идея, как и введенный Лагранжем значок  $\delta$ , далее стали неотъемлемыми атрибутами нового раздела математики, названного Эйлером в 1764 г. *вариационным исчислением*.

В следующей статье того же номера "Туринских записок" Лагранж распространяет свой метод на задачи динамики. Обращаясь к принципу наименьшего действия, ранее сформулированному Мопертюи и Эйлером, Лагранж показывает, как его метод можно использовать для решения разнообразных механических задач. Эта идея далее послужила основой для создания нового математического аппарата механики – аналитической механики, созданию которой автор посвятил более четверти века. Предложенный математический аппарат Лагранж совершенствовал, решая многочисленные задачи небесной механики, механики твердого тела, жидкости и газа, которые неоднократно отмечались премиями Парижской академии наук.

Берлинский период творчества Лагранжа (1766–1787) был наиболее плодотворным. Здесь Лагранж познакомился и подружился с видным математиком, физиком, астрономом и философом **Иоганном Генрихом Ламбертом** (1728–1777), одним из основателей неевклидовой геометрии, первым доказавшим иррациональность чисел  $\pi$  (в 1761) и  $e$  (в 1766). Здесь были написаны, ставшие классическими, работы Лагранжа по теории чисел, алгебре, вариационному исчислению, дифференциальным уравнениям, теории функций, небесной механике и его главный труд – "Аналитическая механика", – изданный в Париже в 1788 г.

Механика Лагранжа состоит из статики и динамики. В предисловии автор определяет главную цель своего труда – создать новый облик единой механики как раздела математического анализа, позволяющего, чисто аналитическими методами, решать любые прак-

тические задачи. Все главные разделы (статика, гидростатика, динамика и гидродинамика) начинаются с принципов их построения и детальных исторических обзоров, ставших позднее важным источником всех дальнейших исследований по истории механики. Эти обзоры показывают, насколько тщательно Лагранж изучил труды своих предшественников Архимеда, Галилея, Декарта, Гюйгенса, Ньютона, Вариньона, Эйлера, Даламбера и их современников.

В первой части книги Лагранж определяет статику как "науку о равновесии сил", которая сводится к трем принципам: рычага, сложения сил (правило параллелограмма) и виртуальных скоростей (перемещений). Он пытается доказать принцип виртуальных перемещений, который до него использовали Гвидо Убальдо, Галилей, Декарт, Вариньон, И. Бернулли, Л. Карно, но доказательство сводится к иллюстрации на конкретном примере, поэтому его нельзя считать строгим. Принцип возможных перемещений, устанавливающий равновесие системы тел, в итоге принимает вид:

$$\mathbf{P} \, d\mathbf{p} + \mathbf{Q} \, d\mathbf{q} + \mathbf{R} \, d\mathbf{r} + \dots = 0,$$

где  $\mathbf{P}$ ,  $\mathbf{Q}$ ,  $\mathbf{R}$  силы, действующие на тела, а  $d\mathbf{p}$ ,  $d\mathbf{q}$ ,  $d\mathbf{r}$  – вариации (дифференциалы) перемещений точек приложения соответствующих сил по направлению линий их действия.

Из этого уравнения, названного "общей формулой статики", Лагранж получает шесть уравнений равновесия (проекция на оси координат сил и моментов), которые ранее были получены Даламбером. Рассматривая вращательное движение тела как одновременное вращение около координатных осей он показывает, что в каждый момент времени вращение можно считать происходящим вокруг некоторой оси (это ранее было установлено Эйлером), которую Лагранж называет "мгновенной осью". Далее это понятие стало использоваться в кинематике, а автор получает уравнение равновесия тела для случая возможного вращательного движения.

Предположив, что сумма произведений сил на дифференциалы их перемещений является полным дифференциалом некоторой функции  $\Pi$ , то есть

$$\mathbf{P} \, d\mathbf{p} + \mathbf{Q} \, d\mathbf{q} + \mathbf{R} \, d\mathbf{r} + \dots = d\Pi,$$

получаем, что условия равновесия системы сил можно записать в виде  $d\Pi = 0$ , откуда следует, что в положении равновесия функция  $\Pi$  должна иметь экстремальное (мини-

мальное или максимальное) значение. Лагранж вводит понятия устойчивого и неустойчивого равновесия, и показывает, что в случае минимального значения  $\Pi$  будет иметь место устойчивое равновесие тела. Понятие потенциала ( $\Pi$ ), потенциальной энергии позднее использовались Лапласом, Пуассоном, но сами термины были введены в физику (механику, электричество, магнетизм) после 1828 г. английским математиком и физиком **Джоржем Грином** (1793–1841). А вывод Лагранжа был своеобразным подтверждением принципа Торричелли и "закона покоя" Мопертюи.

Для решения задач на равновесие систем тел, на которые наложены геометрические связи, Лагранж использует модифицированное общее уравнение статики, получаемое методом множителей, носящим ныне его имя. Из общего уравнения он получает соответствующие уравнения равновесия.

В пятом отделе "Аналитической механики" решаются различные конкретные проблемы статики, в том числе задачи определения реакций связей.

Следующие три отдела (6, 7, 8) книги посвящены вопросам гидростатики. Подтверждая свой метод, Лагранж описывает механические принципы и задачи, ранее решенные Архимедом, Стевином, Галилеем, Декартом, Паскалем, Ньютоном, Буге, Клеро, Маклореном. В основу своей гидростатики он положил аналог ранее приведенной "общей формулы статики".

Вторая часть "Аналитической механики" посвящена динамике. Лагранж определяет динамику как науку "об ускоряющих и замедляющих силах и о переменных движениях, которые они должны вызывать". Основоположником динамики он считает Г. Галилея, а ближайшими продолжателями его дела – Х. Гюйгенса и И. Ньютона. Далее автор отмечает заслуги Л. Эйлера как автора первой большой книги ("Механика") по использованию анализа в механике и К. Маклорена ("Трактат о флюксиях", 1742), первым предложившим описывать движения тел в неподвижной системе трех координатных осей.

В отличие от некоторых современных авторов книг по механике, торопливо определяющих ее основные понятия и вводящих математический аппарат, Лагранж уделяет большое внимание пониманию особенностей, физической сущности причин и свойств движения тел. В частности, свойств инертности,

порождающих центробежные силы, передачи движения (соударения, давления, притяжения), движения маятников, влияния сопротивления среды и наложенных связей. В этой связи он отмечает заслуги Декарта, Уоллеса, Роберваля, Гюйгенса, Ньютона, Я. Бернулли, И. Бернулли, Д. Бернулли, Лопиталья, Тейлора, Германа, Эйлера, Клеро, Мопертюи, Дарси, Даламбера.

Важная роль в дальнейшем изложении механики отводится принципу Даламбера, идейно подготовленному работами по колебаниям маятников (Я. Бернулли, Германа, Эйлера и других). Суть принципа сводится к следующему. Если некоторая система тел совершает движения под действием сил, то часть движений будет уничтожаться по причине взаимодействий между телами. Иначе говоря, можно считать, что движения системы тел состоят из реально происходящих и потерянных, уничтожающихся. Соответственно и силы (причины движения) можно разделить на движущие (осуществляющие движение) и на те, что не производят движение, которые уравниваются (их сумма равна нулю). Таким образом, для движущихся тел, как и для покоящихся, можно записать некоторое условие равновесия. Приравнявая к нулю сумму уравнивающих сил (составляя уравнение равенства их моментов), т. е. применяя статический принцип равновесия сил, мы распространяем его и на динамику.

Этот вывод позволяет использовать все результаты, полученные в статике (первой части книги), применительно к динамике. И если вся статика сводится к "общей формуле", то и для динамики можно построить ее аналог – общую формулу динамики. Принцип Даламбера стал основополагающим для получения общей формулы динамики, из которой можно аналитическим путем получить все уравнения, принципы и теоремы механики системы тел (точек). Важнейшими принципами динамики Лагранж считает принцип сохранения живых сил (Гюйгенс, И. Бернулли, Д. Бернулли), принцип сохранения движения центра тяжести (Ньютон, Даламбер), принцип сохранения суммы моментов вращения (Эйлер, Д. Бернулли, Дарси) и принцип наименьшего действия (Мопертюи, Эйлер).

В современных обозначениях общая формула динамики имеет вид:

$$\sum \mathbf{m}(\ddot{\mathbf{x}}\delta\mathbf{x} + \ddot{\mathbf{y}}\delta\mathbf{y} + \ddot{\mathbf{z}}\delta\mathbf{z}) + \sum (\mathbf{P}\delta\mathbf{p} + \mathbf{Q}\delta\mathbf{q} + \mathbf{R}\delta\mathbf{r} + \dots) = 0,$$

где  $\mathbf{m}$  – масса одного из тел (точек) системы;  $\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$  – координаты точек;  $\delta$  – вариация;  $\mathbf{P}, \mathbf{Q}, \mathbf{R}, \dots$  – силы;  $\delta\mathbf{p}, \delta\mathbf{q}, \delta\mathbf{r}, \dots$  – вариации перемещений соответствующих сил вдоль их линий действия. По сложившейся традиции произведение силы на перемещение Лагранж называет "моментом" (термин "работа силы" появился позднее), однако он отличает его от статического момента силы.

Преобразуя это уравнение, Лагранж получает закон движения центра масс, для вращающейся системы точек – теореме об изменении момента количества движения, интеграл живых сил (аналог теоремы о сохранении полной энергии), принцип наименьшего действия, известный ныне как принцип Мопертюи–Лагранжа:

$$\delta \int \mathbf{m} \mathbf{u} ds = \delta \int 2T dt = 0,$$

где  $\mathbf{u}$  – скорость точки массой  $\mathbf{m}$ ,  $s$  – путь,  $T$  – кинетическая энергия, дифференциальные уравнения динамики в произвольных независимых координатах, называемые сейчас уравнениями Лагранжа первого и второго рода. Заметим, что сначала получены уравнения второго рода, и в них используются символы  $\mathbf{T}$  и  $\mathbf{\Pi}$  для обозначения будущих понятий кинетической и потенциальной энергий.

Шестой отдел второй части посвящен теории малых колебаний произвольной системы тел. Задача о колебаниях тела не была новой. Со времен Галилея она привлекала внимание практически всех предшественников Лагранжа. Но практически все работы его предшественников были связаны с решением конкретных проблем. Лагранж первым предложил общую теорию составления и анализа уравнений колебаний тел, развил метод вариации произвольных постоянных. Однако один из его результатов оказался ошибочным. Он считал, что в случае действия системы потенциальных сил, при кратных корнях характеристического уравнения, положение равновесия будет неустойчивым. Доказательство устойчивости положения равновесия было получено в 1858 г. **Карлом Вейерштрассом** (1815–1897) и **Иосифом Ивановичем Сомовым** (1815–1876).

Большое внимание в книге уделено динамике твердого тела, в частности, движению тела с одной неподвижной точкой. При этом он, используя уравнения и выводы, ранее полученные Эйлером, пополняет их собственными результатами. В частности, получает квадратуры, которые далее получили название

"случая Лагранжа" решения задачи о вращении тела около неподвижной точки. Большие разделы книги посвящены гидростатике, гидродинамике, небесной механике, предлагаемые уравнения и методы демонстрируются на примерах решений конкретных задач.

"Аналитическая механика", над которой Лагранж работал почти четверть века, явилась одним из главных событий истории механики. Используя исторический обзор развития науки о равновесии и движении тел, глубокое понимание физической сущности механических понятий и явлений, методы математического анализа, вариационного исчисления, принципы виртуальных перемещений и Даламбера, идеи и результаты Эйлера, Даламбера, их современников и предшественников, Лагранж создал новый облик и содержание механики. Построив механику на основе одного общего уравнения динамики (исполнив мечту Даламбера о построении механики на основе наименьшего числа принципов), расширив арсенал механических понятий, принципов, теорем, Лагранж придал мощный импульс для ее дальнейшего развития в трудах его последователей. Идеи и методы "Аналитической механики" уже в XIX в. получили развитие и в других разделах физических наук.

Но вклад Лагранжа в мировую науку не ограничивается только достижениями в механике. Его научные интересы были весьма многогранны, и наибольший интерес он проявлял к развитию математических наук. Одним из итогов его преподавательской деятельности в ППШ стало издание книг "Теория аналитических функций" (1797) и "Лекции по исчислению функций" (1801), в которых приводится обоснование математического анализа (попытка его сведения к алгебре) и изложение вариационного исчисления. Многие результаты, опубликованные в этих книгах, послужили основой появления новых направлений развития теорий рядов, аналитических функций, функций комплексного переменного, алгебраических уравнений, квадратичных форм, неопределенных уравнений второй степени с двумя неизвестными, дифференциальных уравнений (включая уравнения математической физики), символического исчисления.

"Аналитическая механика" была опубликована через 100 лет после выхода "Начал" Ньютона. Даже беглое сравнение этих книг показывает, какой огромный путь прошло развитие механики и математических методов

за один век. Появились новые задачи, понятия, теоретические результаты, исчезли сложные геометрические методы доказательств и решения задач. Книга Ньютона долгое время оставалась неизвестной и не понятой многими учеными. Реакция на "Аналитическую механику" была совсем иной. Она сразу была принята научным сообществом конца XVIII в. и сохранила свою ценность до наших дней.

В 1787 г., по приглашению Людовика XVI, Лагранж переехал из Берлина в Париж. Ему уже 51 год, он академик Парижской академии наук (с 1772 г.), в зените европейской славы, заканчивает подготовку к изданию "Аналитической механики" и мало интересуется политическими взглядами парижских ученых. Но после революционного переворота 1789 г. многое изменилось. Интенсивная научная деятельность последних лет не прошла бесследно. У него появилось желание оставить научную (математическую) деятельность. Поэтому, когда ему предложили принять участие в разработке нового календаря в работе комиссии по разработке системы мер и весов, он активно включился в ее деятельность и даже стал ее председателем. Он выполнял отдельные поручения Конвента и Комитета общественного спасения. Став одним из администраторов Монетного двора, участвовал в упорядочении финансовой системы, поэтому, когда был принят декрет о депортации иностранных граждан, для него было сделано исключение.

Наряду с Монжем, Лапласом, Прони, Бертолле, Фуркруа, Лагранж активно участвовал в модернизации образования и науки Франции. Он был в числе первых профессоров математики Нормальной и Парижской политехнической школ, одним из первых был избран членом Института Франции. Наполеон любил обсуждать с деликатным и ироничным Лагранжем философские вопросы. Он пожаловал Лагранжу титул графа, должность сенатора и орден Почетного легиона.

В 1811 г. Лагранж опубликовал первый том второго издания "Аналитической механики". В подготовке второго тома, вышедшего в 1815 г., участвовали **Г. Прони** (1755–1839), **С.Ф. Лакруа** (1765–1843) и **Ж.Ф.М. Бине** (1786–1856; редактор второго издания второго тома). Активными проводниками, продолжателями и критиками механико-математических идей и методов Лагранжа стали **П.С. Лаплас** (1749–1827), **Л. Пуансо** (1777–1859),

**С.Д. Пуассон** (1781–1840), **А.М. Лежандр** (1752–1833; научный редактор первого издания "Аналитической механики"), **И.П.Г. Лежен–Дирихле** (1808–1859), **Ж.Л.Ф. Бертран** (1822–1900; редактор третьего издания "Аналитической механики"), **Ж.Г. Дарбу** (1842–1917), **У.Р. Гамильтон** (1805–1865), **К.Ф. Гаусс** (1777–1855), **К.Г. Якоби** (1804–1851), **М.В. Остроградский**.

Своим научным преемником Ж.Л. Лагранж считал С.Д. Пуассона. Лагранж скончался 10 апреля 1813 г. Он умер спокойно, как и жил, сказав на прощание: "Я сделал свое дело... Я снискал некоторую известность в математике, никогда не питал к кому-либо злобы и не делал никому зла".

## 5. Шарль Огюстен де Кулон



**Шарль Огюстен де Кулон** (Charles-Augustin de Coulomb; 1736–1806) больше известен как физик-экспериментатор, автор известного закона электростатики, чьим именем названа единица электрического заряда. Однако его вклад в механику также весьма значителен.

Кулон родился 14 июня 1736 г. в Ангулеме (Южная Франция) в зажиточной дворянской семье крупного королевского чиновника, учился в престижном парижском коллеже Мазарини (Коллеж четырех наций), где увлекся математикой. После переезда в Монпелье, он написал несколько работ и стал членом местной Академии наук.

В 1760 г. Шарль поступил в Мезьерскую школу военных инженеров. Там он познакомился с профессором математики Шарлем Боссю, с которым далее поддерживал дружеские отношения, и профессором экспериментальной физики, членом Парижской академии наук **Жаном Антуаном Нолле** (Jean Antoine Nollet; 1700–1770), увлекшим его работами по изучению электричества и магнетизма. По окончании школы (1761) он получил звание лейтенанта и был направлен в Брест (порт на западе Франции) в качестве военного инженера. Далее Кулон служил (строил мосты, дороги, укрепления, крепости) на острове Мартиника (Вест-Индия, 1764–1772), Бушее (1772), Безансоне (1773), Шербуре (1774–1777), Сал-

эне (1777–1779), Лилле (1780), Париже (1781) и занимался научной деятельностью. В 1770 г. он получил чин капитана, в 1773 г. – представил в Парижскую академию наук свою первую научную работу, посвященную расчету архитектурных конструкций, получившую одобрение Ш. Боссю. В следующем году он был избран членом-корреспондентом, а в 1781 г. – академиком (по классу механики) Парижской академии наук.

В 1777 г. Кулон стал одним из победителей конкурса Академии наук, посвященного теории изготовления магнитных стрелок для определения магнитного поля Земли. Однако для истории науки наибольший интерес представляет не глава, посвященная магнитным стрелкам, а следующая, где анализируются механические свойства нитей, на которых подвешивают стрелки. Проведя серию экспериментов, Кулон установил зависимости момента силы деформации кручения от угла закручивания нити, ее длины и диаметра. Результаты его опытов были обобщены в работе "Теоретические и экспериментальные исследования силы кручения и упругости металлических проволок" (1784).

В 1780-е гг. он заинтересовался электрическими силами притяжения и отталкивания. Можно ли измерить столь малые силы? Кулон проявил изумительную изобретательность и в 1784 г. построил прибор для измерения сверхмалых сил – крутильные весы. Благодаря крутильным весам Кулон поставил серию экспериментов и в 1785 г. сформулировал свой знаменитый закон: сила притяжения (или отталкивания) между зарядами прямо пропорциональна произведению зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Кулон гордился тем, что его закон по записи аналогичен закону всемирного тяготения Ньютона.

После смерти английского физика **Генри Кавендиша** (Henry Cavendish; 1731–1810), разбирая его бумаги, исследователи установили, что закон электростатики Кавендиш открыл раньше Кулона (в 1771 г.), но не опубликовал этот результат. Поэтому закон вошел в историю под именем Кулона. Для истории физики эксперименты с крутильными весами имели очень большое значение. Они дали метод определения величины электрического заряда через величины силы и расстояния.

До Кавендиша и Кулона проблемами магнитных и электрических явлений занимал-

ся английский физик и врач **Уильям Гильберт** (William Gilbert, 1544–1603), создавший первую теорию магнитных явлений. Он установил, что любые магниты имеют по два полюса, при этом разноименные полюсы притягиваются, а одноименные отталкиваются. Проводя опыт с железным шаром, который взаимодействовал с магнитной стрелкой, он впервые выдвинул предположение о том, что Земля является гигантским магнитом. Он заметил, что многие тела, так же, как и янтарь, после натирания могут притягивать маленькие предметы. В честь янтаря он назвал подобные явления электрическими (от латинского *electricus* – "янтарный").

Второй важнейшей темой исследований Кулона было явление трения. Как уже отмечалось, еще ранее явлением трения заинтересовался Леонардо да Винчи. Важные результаты в теории сухого трения были получены в конце XVII – начале XVIII века Амонтоном (1699), Параном (1704, "угол трения"), Эйлером (1748), установившими зависимость силы трения от давления тела на поверхность соприкосновения, в 1722 г. Камю (1699–1768) пришел к выводу о том, что сила трения движения меньше силы трения покоя.

Продолжая работы предшественников, Кулон провел цикл опытов, в которых исследовал зависимость силы трения покоя от продолжительности контакта тел (до нескольких суток), от величины их взаимного давления (до 1 тонны), зависимость силы трения скольжения от скорости относительного движения трущихся тел (сравнивал силы трения в покое и при относительном движении тел). Результаты его исследований были отмечены в 1781 г. премией Парижской академии наук. Позднее они были опубликованы Кулоном в трактате "Теория простых машин" (1789), в работе "О трении в острие опоры" (1790), в которой он исследовал трение верчения и качения, и далее широко использовались в инженерной практике.

В 1784 г., продолжая исследования Боссю и Даламбера, Кулон начал работу по изучению сопротивления тел в жидкости. Однако ее результаты были опубликованы только много лет спустя в статье "Опыты, посвященные определению сцепления жидкостей и закона их сопротивления при очень медленных движениях" (1800). Исследуя зависимость силы сопротивления жидкости от скорости движения тела (скорость варьируется от долей миллиметра до нескольких сантиметров в се-

кунду), Кулон приходит к выводу, что при очень малых скоростях сила сопротивления пропорциональна скорости, при больших скоростях она становится пропорциональной квадрату скорости.

Как дворянин и бывший офицер королевской армии Кулон настороженно отнесся к революционным событиям 1789 г. и последующих годов. В 1790 г. Кулон подал в Академию прошение об отставке и переехал с семьей в собственное имение (в Блуа под Парижем). В 1793 г. он был приглашен для работы в комиссии мер и весов, но вскоре был уволен. После учреждения в 1795 г. Института Франции, Кулон был одним из первых избран академиком и вновь вернулся в Париж, продолжив научную деятельность.

Известно, что Наполеон симпатизировал многим ученым. В 1800 г. он назначил Кулона своим советником по делам техники, в 1801 г. – Президентом Института Франции, а в 1802 г. присвоил ему генеральское звание и назначил Генеральным инспектором народного образования. Последние годы жизни Кулон прожил в Париже, окруженный уважением и славой. Однако частые командировки по стране (по делам развития образования) окончательно подорвали его здоровье и 23 августа 1806 г. в возрасте 70 лет он скончался.

Лагранж и Кулон были ровесниками, оба были "заражены" идеями энциклопедистов и их вклад в науку XVIII в. оказался взаимодополняющим. Математик Лагранж, опираясь на общепринятые физические представления, предложил новый способ построения математических моделей механики, что далее привело к бурному развитию теоретической механики. А физик и инженер Кулон сформулировал законы трения (законы Амонтона–Кулона), т.е. создал физические представления о свойствах одного из важнейших способов взаимодействия тел, что привело к дальнейшему изучению видов и свойств трения и появлению новой науки – трибологии (от греческого *τριβω* – тереть, натирать).

## 6. Гаспар Прони

Известным математиком, механиком, организатором образования был **Гаспар Клар Франсуа Мари Риш де Прони** (Gaspard Clair François Marie Riche, de Prony; 1755–1839).



В 1780 г. Гаспар Прони окончил знаменитую Школу мостов и дорог и как один из лучших выпускников был оставлен в качестве инженера. Далее работал в качестве инженера-строителя, познакомился с Г. Монжем, увлекшим его изучением математики. С 1792 г. по заданию Конвента Прони руководил созданием сборника десятичных логарифмических и тригонометрических таблиц. К этой работе он привлек А. Лежандра и Л. Карно. Технология вычислений, разработанная Прони, с которой англичанин **Чарльз Беббидж** (1791–1871) позднее познакомился, находясь во Франции, оказала большое влияние на создание первого программируемого компьютера ("разностной машины").

С 1795 г. Прони был профессором механики ППШ, был избран членом Института Франции. Как академик-механик, он был автором многих работ по гидротехнике, в частности, трактата "Гидравлическая архитектура" (1790, 1796). Большой популярностью пользовался цикл его лекций по математике, механике и инженерному делу, изданных в ППШ с 1802 по 1815 гг. Среди этих изданий были "Лекции по аналитической механике" (1815). Эта книга долгие годы пользовалась неизменным спросом во многих французских и зарубежных учебных заведениях. В ней строгость и стройность аналитической механики Лагранжа удачно дополнялась многочисленными примерами, чертежами и конкретными задачами.

В 1798 г. Прони был назначен главным инспектором инженеров и директором Школы мостов и дорог. Отказавшись от участия в египетской экспедиции Наполеона, он утратил расположение императора и был руководителем гидротехнических работ в различных департаментах Франции. Прони был автором ряда изобретений, в том числе динамометрического прибора ("тормоз Прони"). После восстановления королевской власти он был назначен пожизненным экзаменатором ППШ, в 1828 г. получил титул барона, а в 1835 г. стал пэром Франции.

## 7. Жан Батист Жозеф Фурье

Важную роль в создании математического аппарата современной механики сыграли работы **Жана Батиста Жозефа Фурье** (1768–1830). Жан Батист был двенадцатым ребенком (из 15 детей) в семье порт-



ного Жозефа Фурье. В возрасте восьми лет он полностью осиротел, но у него была возможность учиться сначала в церковной школе, затем в военной школе его родного города Осера, где он увлекся математикой. В 14 лет Жан Батист самостоятельно освоил шеститомный "Курс математики" **Этьена Безу** (1730–1783). Его успехи в учебе были отмечены призами по риторике, математике, пению, механике. Он хотел стать артиллеристом или военным инженером, но его происхождение делало это невозможным.

После 1784 г. Фурье учился в школе, одновременно работая учителем. После окончания школы поступал в аббатство Святого Бенедикта на Луаре, начал самостоятельные математические исследования, как сторонник политических перемен увлекся революционной деятельностью.

В январе 1795 г. он стал учащимся Нормальной школы в Париже, но в мае получил место в ППШ. Однако в том же месяце он был арестован за участие в политической деятельности. К счастью, в августе он неожиданно был освобожден и уже с первого сентября 1795 г. был принят в ППШ в качестве преподавателя начертательной геометрии и некоторых разделов математического анализа (совместно с Лагранжем). Через два года Фурье сменил Лагранжа на посту руководителя кафедры анализа и механики.

В 1798 г. Фурье стал соучастником египетского похода Наполеона. В Египте он руководил археологическими раскопками, занимался формированием системы образования, созданием Каирского института, в котором занимал пост секретаря. Вскоре после возвращения в ППШ (1801), ему снова пришлось оставить Париж и профессорскую деятельность. Наполеон назначил его префектом департамента Изер (Гренобль). По случаю 40-летия Фурье, Наполеон наградил его орденом Почетного легиона и присвоил титул барона (1809).

В 1814 г. Фурье был назначен префектом Роны, но в следующем году оставил административную службу и вернулся в Париж, где был принят на должность директора Статистического бюро. В 1817 г. он был избран в Парижскую академию наук, в 1826 – во Французскую академию и Академию медицины. С 1826 г. он – почетный член Петербургской академии и Лондонского королевского общества.

Активная научная деятельность Фурье началась в 1789 г., когда он представил в Академии наук работу о численном решении уравнений любой степени. Большинство его работ относятся к теориям алгебраических уравнений и уравнений математической физики, представлению функций в виде тригонометрических рядов ("рядов Фурье"), к теплопроводности, теории вероятностей, математической статистики, египтологии. В работах по механике он использовал принцип возможных перемещений. Но не все его идеи сразу получали поддержку. Например, когда в 1807 г. Фурье выступал в академии с докладом "О распространении тепла в твердом теле" его выступление получило очень противоречивую оценку. Лагранж и Лаплас не могли смириться с тем, что Фурье разлагал функции в тригонометрические (а не в степенные) ряды, позднее названные его именем. Био, Лаплас, Пуассон выступали против его уравнения распространения тепла. И попытки разъяснения, предпринятые Фурье, оказались безуспешными.

Однако это была временная неудача. В 1812 г., представленная Фурье на конкурс аналитическая теория теплопроводности получила Большую премию Академии наук. А методы (ряды, интегралы Фурье), которые он использовал в теории распространения тепла, вскоре стали мощным инструментом математического исследования разнообразных задач механики, астрономии, акустики, оптики, теории приливов, радиотехники (всюду, где есть волны и колебания).

## 8. Пьер Симон Лаплас



Пьер Симон Лаплас (Pierre-Simon de Laplace; 1749–1827).

Пьер родился 23 марта 1749 г. в местечке Бомон-ан-Ож (департамент Кальвадос, Нормандия) в крестьянской семье. Его детские биографические сведения достаточно противоречивы. По одним сведениям, его родители были очень бедны, по другим – семья была вполне обеспеченной. Мать Пьера (Мария-Анна) происходила из благополучной фермерской семьи, а ее брат был учителем

математики. Обучаясь в монашеском коллеже, Пьер, обладавший отличной памятью, проявил прекрасные способности к математике, языкам и ораторскому искусству. После окончания коллежа он поступил на богословский факультет университета г. Кана (Саен), но вскоре его оставил и переехал в Париж. В столице 17-летний Пьер встретился с Даламбером, который быстро оценил его талант и помог ему занять место преподавателя математики Парижской военной школы. Вскоре у Пьера появились первые публикации в Академии наук, он мечтал стать ее членом. В 1773 г. 24-летний Лаплас был избран адъюнктом, а в 1785 – пансионером Академии наук.

В 1784 г. он был назначен экзаменатором в Королевский артиллерийский корпус, где в 1785 г. экзаменовал будущего младшего лейтенанта 16-летнего Наполеона Бонапарта. В 1788 г. Лаплас женился. Жена была на 20 лет его моложе, но брак был удачным. У них родились сын, ставший позднее военным, и дочь (в 1813 г. умерла при родах). После революции 1789 г. Лаплас вошел в комиссию по стандартизации мер и весов (с 1790 был ее председателем), но в 1793 г. был из нее уволен ("за недостаток республиканских добродетелей и ненависти к королю") и переехал в Мелен (50 км от Парижа). Здесь Лаплас начал работу над книгой "Изложение системы мира" (1796).

Но уже в 1795 г. Лаплас вернулся в Париж, где стал профессором Нормальной и Политехнической школ, членом Института Франции, пришедшего на смену Парижской академии наук, возглавил Бюро долгот и Парижскую обсерваторию. В 1799 г. Наполеон назначил своего бывшего экзаменатора Лапласа министром внутренних дел, но уже через шесть недель освободил его по причине профессиональной непригодности. Однако это не отразилось на симпатиях Наполеона к Лапласу. Вскоре Лаплас стал членом Сената, в 1803 г. – его канцлером, был награжден орденом "Почетного Легиона" (1804), удостоен титула графа (1806).

В 1814 г., когда Наполеон утратил былое могущество, Лаплас голосовал в Сенате за низложение императора, приветствовал реставрацию Бурбонов и в числе первых присягнул на верность новому королю. В 1816 г. Лаплас получил от Людовика XVIII Большой крест Почетного легиона, должность президента Бюро долгот и председателя комиссии по реорганизации ППШ, его выбирают в

"Академию бессмертных", в 1817 г. Лаплас получил титул маркиза и стал пэром Франции, был избран академиком Академии наук (Монж и Карно были исключены).

Долгие годы Лапласа и Лагранжа связывали общие работа и научные интересы. Но взаимоотношения этих двух выдающихся ученых не всегда были безоблачными. Лаплас ревниво относился к общепризнанной славе Лагранжа как первого математика Франции. И только природная деликатность и неколебимая порядочность Лагранжа были залогом сохранения их корректных отношений. Многие современники, коллеги-ученые, ученики Лапласа, не одобряли его "политическую гибкость", излишнюю амбициозность, но ценили его как ученого.

Диапазон научных интересов Лапласа был обширен. Многие его публикации посвящены проблемам математики, механики, физики, астрономии, но самую широкую известность он получил как один из творцов небесной механики. Еще будучи начинающим ученым, он составил собственную программу исследований движения небесных тел, которую неукоснительно соблюдал и, благодаря своему упорству, полностью выполнил. Этому способствовало и то, что после появления и непрерывного совершенствования телескопов, открытия новых астрономических обсерваторий, точность и диапазон астрономических наблюдений значительно возросли.

Было установлено (Кассини, Галлей, Клеро), что орбитальное движение Юпитера, Сатурна, Луны не полностью соответствуют законам Кеплера, а существуют "вековые ускорения": скорость Юпитера возрастает (он приближается к Солнцу), скорость Сатурна убывает (он удаляется от Солнца), у Луны она также переменна. Это обстоятельство стало причиной сомнений в верности закона всемирного тяготения, хотя еще сам Ньютон утверждал, что при описании движения планет, кроме силы притяжения Солнца, необходимо учитывать силы притяжения других космических тел (особенно больших планет). И тогда возник следующий вопрос: не может ли взаимное притяжение планет однажды нарушить устойчивость, стабильность Солнечной системы?

В 1773 г. 24-летний Лаплас опубликовал работу "О принципе всемирного тяготения и о вековых неравенствах планет, которые от него зависят", где установил, что средние "веко-

вые движения" Юпитера и Сатурна равны нулю (добавочные ускорения планет иногда меняют свой знак). В результате сложного математического анализа он установил, что взаимное притяжение планет не может нарушить целостность Солнечной системы. Вывод об устойчивости Солнечной системы был одним из важнейших достижений Лапласа, еще одним подтверждением верности закона всемирного тяготения и эффективности методов механики и математического анализа.

Через десять лет Лаплас вновь вернулся к проблеме "вековых ускорений" и показал, что у Юпитера и Сатурна они возникают по причине их гравитационного взаимодействия и изменяются периодически с периодом 929,5 лет. У Луны "вековые ускорения" также имеют периодический характер и возникают по причине изменения эксцентриситета орбиты Земли, который меняется по причине влияния на ее движение других планет. По своей теории движения Луны Лаплас достаточно точно вычислил расстояние от Земли до Солнца и величину сжатия нашей планеты у полюсов. В 1787 г. Лаплас дополнил эти результаты, показав, что основные характеристики движения планет либо остаются неизменными, либо изменяются обратимо и периодически. Таким образом, проблема стабильности Солнечной системы была, в основном, решена. Хотя позднее к ней не раз обращались другие ученые (например, А. Пуанкаре).

В 1789 г. Лаплас опубликовал первую теорию движения спутников Юпитера. Эта теория была важна не только как вклад в астрономию (были составлены более точные таблицы движений спутников Юпитера), но она имела и прикладное значение. Таблицы движений спутников использовались для определения географической долготы судна на море (тела на местности). Работы Лапласа были посвящены и многим другим проблемам небесной механики: определению фигур небесных тел, методов расчета траекторий планет и комет, исследованию движения земных полюсов, разработке теории приливов и отливов. Все результаты, полученные им самим и его предшественниками, Лаплас свел в пятитомном "Трактате о небесной механике", публикация которого длилась 26 лет (первые два тома – 1799–1800; третий том (с посвящением Наполеону) – 1802, четвертый том – 1805, пятый том – 1825). С издания этого трактата в науку вошло название нового

направления теоретической астрономии и механики – *небесная механика* (термин Лапласа).

Изучение движения планет, их спутников, комет, естественно, привело к вопросу о возникновении Солнечной системы. Лаплас выдвинул гипотезу, согласно которой Солнечная система образовалась из горячей вращающейся газовой туманности, которая окружала молодое Солнце. Постепенно остывая, она сжималась под действием сил гравитационного взаимодействия (ранее подобную гипотезу высказывал немецкий философ **Иммануил Кант** (Immanuel Kant; 1724–1804)). С уменьшением размеров туманности скорость ее вращения увеличивалась. Когда центробежные силы, действующие на частички туманности, стали сравнимы с силами взаимного притяжения, образовался околосолнечный диск, далее разделившийся на кольца. Эти кольца под действием силы гравитации далее превратились в планеты. Эта точка зрения была общепринятой в астрономии более ста лет, сохранив отдельные свои положения до наших дней.

Невозможно не отметить и заслуги Лапласа-математика как одного из творцов теории вероятностей, математической "теории ошибок", автора обоснования метода наименьших квадратов, найденного Гауссом и Лежандром, операторного метода решения дифференциальных уравнений. Результаты своих математических исследований Лаплас опубликовал в "Аналитической теории вероятностей" (1812, далее переиздавалась трижды). В математику вошли такие понятия как "преобразование Лапласа", "теорема Лапласа" (одна из предельных теорем теории вероятностей, одна из теорем линейной алгебры), "интеграл Лапласа", "оператор Лапласа" ("лапласиан"), в гидродинамику – "число Лапласа", в астрономию – "плоскость Лапласа".

Лаплас является одним из основоположников молекулярной механики – механики, основанной на молекулярной теории строения вещества. Все, что не объяснялось теорией всемирного тяготения (химические свойства, явление упругости, капиллярность и иные физические явления), объяснялось молекулярным притяжением. В физике Лапласу принадлежит барометрическая формула, связывающая плотность воздуха, высоту, влажность и ускорение свободного падения. Он занимался геодезией и теорией рефракции,

сравнением процессов, происходящих в живых и неживых системах (вместе с Лавуазье). В частности, используя изобретенный ими ледяной калориметр, они показали, что дыхание является одной из форм окисления. Изучение дыхания положило начало его физическим исследованиям капиллярных явлений (установил закон капиллярного давления), теории потенциала. Он получил формулу для вычисления скорости звука в воздухе, размышлял о движении тел с переменной массой.

Как философ Лаплас был сторонником теории детерминизма – учения о взаимосвязи взаимообусловленности происходящих процессов и явлений, о всеобщей причинности. Эти взгляды были непосредственно связаны с идеями математического моделирования природных процессов и явлений. Он утверждал, что если бы какое-то разумное существо ("демон Лапласа") знало положения и скорости всех частичек и тел Вселенной в некоторый момент времени, то, построив математическую модель движения всей этой системы точек и тел, оно могло бы точно рассчитать, предсказать все дальнейшие события в этом Мире ("Лапласов детерминизм"). Предсказать движение всех космических и земных тел, судьбы отдельных людей, народов и цивилизаций.

Последние годы жизни Лаплас провел в собственном имении в городке Аркель близ Парижа. Он готовил к изданию пятый том "Небесной механики", "Историю астрономии" (издана в 1821 г.). Лаплас был членом большинства европейских академий наук (Петербургской с 1802 г.), членом Французского географического общества, активным членом масонской ложи "Великий восток Франции" и абсолютным атеистом (несмотря на религиозное образование). Зимой 1827 г. он заболел, и 5 марта того же года его не стало. По легенде, перед смертью он сказал: "То, что мы знаем, – так ничтожно по сравнению с тем, чего мы не знаем!"

"Небесная механика" Лапласа стала настольной книгой для астрономов XIX в. В 1781 г. английский астроном немецкого происхождения **Фредерик Уильям (Фридрих Вильгельм) Гершель** (1738–1822) открыл новую планету Уран и два ее спутника. Вскоре была вычислена ее орбита, расстояние до Солнца (19,19 астрономических единиц) и период обращения (84 года). Однако вскоре наблюдения показали, что Уран в своем движении отклоняется от расчетной орбиты. И

почти одновременно, сначала англичанин **Джон Коуч Адамс** (1819–1892), а чуть позднее француз **Урбен Жан Жозеф Леверье** (1811–1877) высказали гипотезу о существовании еще одной неизвестной планеты, являющейся причиной возмущений траектории Урана. Зная возмущения, они вычислили координаты предполагаемой планеты и сообщили об этом своим национальным обсерваториям. Однако первым, откликнувшись на просьбу Леверье, новую планету обнаружил астроном Берлинской обсерватории **Иоганн Готтфрид Галле** (1812–1910). Так 26 сентября 1846 г. Солнечная система "пополнилась" еще одной планетой, получившей название Нептун, удаленной от Солнца на 30,07 астрономических единиц, с периодом обращения 164,8 г. Это была мировая сенсация и триумф небесной механики.

## 9. Луи Пуансо

Аналитические методы механики, столь популярные в творчестве Эйлера, Даламбера, Лагранжа, Лапласа, получили дальнейшее развитие в трудах ученых XIX в. Однако ожидаемого Лагранжем отказа от использования геометрических методов не произошло. Более того, наглядные и привычные геометрические методы изложения статики, кинематики, динамики, решения прикладных задач получили дальнейшее развитие. И в этом велика заслуга одного из знаменитых французских математиков и механиков XIX в. Луи Пуансо (Louis Poinsot; 1777–1859).



Пуансо родился 3 января 1777 г. в семье парижского бакалейщика, учился в лицее Людовика Великого, а в 1794 г. 17-летний Луи оказался среди первых студентов ППШ. Далее он продолжил образование в Школе мостов и дорог, где окончательно сформировался его интерес к математическим наукам. С 1800 по 1804 гг. он работал инженером, в 1804–1809 гг. был профессором математики в Лицее Бонапарта, в 1809–1816 г. – профессором математического анализа и механики ППШ, после 1816 г. – экзаменатором. И все эти, как и последующие, годы были заполнены изучением геометрии и механики, публикацией научных работ.

В 1809–1824 г. он одновременно был генеральным инспектором Французского университета, с 1836 г. – членом Бюро долгот, с 1840 г. – членом Королевского совета народного просвещения, в 1846 г. он был награжден орденом Почетного легиона, с 1852 г. был сенатором Второй империи. В 1813 г., после смерти Лагранжа, Пуансо занял его место академика в Институте Франции (Академии наук), а в 1858 г. был избран членом Лондонского королевского общества. За месяц до своего 83-летия Пуансо скончался (05.12.1859) в Париже.

В 1804 г. Пуансо опубликовал "Начала статики" (годом ранее книга была доложена в Парижской академии наук) – одно из самых главных своих сочинений, в основном завершившее многовековое развитие статики. Книга оказалась настолько популярной, что переиздавалась еще 11 раз, была переведена на многие иностранные языки и более столетия использовалась в качестве учебника по статике, повлияв и на содержание остальных разделов механики.

Как уже отмечалось, важной вехой в развитии статики была "Новая механика или статика" (1725) П. Вариньона, первое издание которой вышло в 1687 г. За истекшее с той поры столетие ученые-механики существенно пополнили арсенал статики новыми идеями, значительно расширился парк механизмов и машин, но после триумфального появления "Аналитической механики" Лагранжа, низвержения геометрических методов, интерес к задачам статики отошел на второй план. Пуансо, будучи учеником Лагранжа в ППШ, посмел не согласиться с мэтром и творчески продолжил научные достижения П. Вариньон, Ш. Боссю и своего учителя Г. Монжа.

Как и "Элементарный учебник статики" Монжа, "Начала статики" Пуансо состоят из "Введения" и четырех глав (совпадают и сюжеты двух последних глав). Во "Введении" автор приводит основные понятия статики (абсолютно твердого тела, покоя тел, силы как причины движения (равновесия), отмечает, что сила обладает точкой приложения, величиной и направлением) и формулирует основные задачи механики (найти движение, которое какая-либо механическая система получает под действием заданных сил, и обратная задача – найти соотношения сил, действующих на систему точек, при которых она получит заданное движение).

Но решение общей задачи механики автор предлагает начать с частного случая. Нужно понять, каким должно быть соотношение сил, приложенных к системе точек, чтобы она получила движение, равное нулю. Иными словами, находилась бы в равновесии. Если эта задача будет решена, то к ней можно будет привести и другие задачи. Вот почему обычно изучение механики начинают со статики, которую определяют как науку о равновесии сил.

Динамику Пуансо определяет как науку о движении. В то время кинематика еще не существовала как самостоятельная наука, поэтому основное отличие статики от динамики Пуансо видит в том, что в решении статических задач достаточно знать только величины и направления приложенных сил, тогда как в динамике требуется знание и некоторых дополнительных данных. Он устанавливает различие между "равновесием" и "покоем" тел (на покоящееся тело не действуют никакие силы, тогда как на тело, находящееся в равновесии, действуют взаимно уничтожающиеся силы), но не считает это различие существенным. Это он подтверждает аксиомой: состояние тела, находящегося в покое или подверженного действию некоторых сил, не изменится, если к этому телу приложить какие угодно новые силы, которые взаимно уравновешиваются между собой.

При рассмотрении равновесия свободного твердого тела достаточно знать лишь координаты точек приложения сил, их величины и направляющие косинусы линий их действия. Объем и форма тела значения не имеют. Если тело не является свободным, то его всегда можно сделать таковым, отбросив сопротивление и заменив их подходящими силами. Таким образом, Пуансо вводит в науку понятие реакции связей и аксиому освобождения от связей. В этом одно из отличий статик Пуансо и Лагранжа.

Если на тело действует система сил, находящихся в равновесии, то можно считать, что одна из них  $\mathbf{P}$  уравновешивает все остальные, вместе взятые. Если приложить к телу одну силу  $\mathbf{P}$  равную и прямо противоположную  $\mathbf{P}$ , то силы  $\mathbf{P}$  и  $\mathbf{P}'$  уравновесятся. Поскольку же  $\mathbf{P}$  уравновешивается со всей системой приложенных сил, то сила  $\mathbf{P}'$  и совокупность всех остальных сил являются эквивалентными друг другу. Общий признак эквивалентности двух систем сил состоит в сле-

дующем: они эквивалентны, если каждая из них в отдельности может быть уравновешена одной и той же третьей системой сил. Пуансо рассматривает только частный случай эквивалентности, когда эта третья система представляет единственную силу. Так он вводит понятие о равнодействующей данной системы сил и об операциях сложения и разложения сил.

Первая глава посвящена основам статики. Аксиоматика у Пуансо отличается от аксиоматики Вариньона, Боссю, Монжа. Прежде всего, рассматриваются сложение и разложение сил. Основными аксиомами называются: аксиома о переносе силы вдоль ее линии действия, о том, что две равные и прямо противоположные силы, лежащие на одной прямой, находятся в равновесии, что две силы  $\mathbf{P}$  и  $\mathbf{Q}$ , действующие по одной прямой и в одном направлении, в результате сложения дают равнодействующую, равную  $\mathbf{P} + \mathbf{Q}$ , направленную по той же прямой; отсюда выводится правило сложения сил, действующих по одной прямой. Далее приводятся доказательства для сложения параллельных сил и для сходящихся сил (параллелограмм и параллелепипед сил).

После этого Пуансо рассматривает пары сил, правила их перенесения и сложения, дает графическое изображение момента силы, который до него представлялся в виде алгебраической величины. Он представляет геометрический образ момента пары в виде отрезка, имеющего величину и направление и перпендикулярного к плоскости соответствующей пары. Тогда еще не существовало понятия вектора, поэтому, не называя, он фактически пользуется им. Заканчивается глава общим случаем сложений любой пространственной системы, то есть приведением системы к силе и к паре сил, плоскость которой перпендикулярна силе, а также понятием о центральной оси. В качестве частных случаев разбираются условия равновесия заданной системы сил, а также условия, при соблюдении которых данная система сил, не находящаяся в равновесии, может быть заменена одной равнодействующей силой.

Во второй главе "Об условиях равновесия, выраженных уравнениями" выводятся уравнения равновесия параллельных сил, лежащих в одной плоскости, а затем расположенных и в пространстве, уравнения равновесия плоской и пространственной систем сил. Глава заканчивается разделом, в котором да-

ется определение условий равновесия тела, имеющего одну и две точки опоры или опирающегося на неподвижную плоскость. Новым элементом является определение опорных реакций в этих трех случаях, или, если пользоваться терминологией Пуансо, давлений в опорных точках, причем подробно дискутируется случай статической неопределимости для тела, имеющего две неподвижные точки опоры.

Теории центров тяжести посвящена третья глава. Вес тела рассматривается тоже как некоторая сила, обладающая величиной и направлением; центр тяжести рассматривается как центр параллельных сил – точка, через которую проходит направление силы веса тела (равнодействующей весов частиц тела), при любых положениях тела по отношению к горизонтальной плоскости. Далее даются общие формулы для нахождения центра тяжести тел и определяются центры тяжести фигур и тел для случаев, когда можно обойтись без интегрального исчисления.

Четвертая глава называется "О машинах". Пуансо дает сначала обычное в его время определение машины как инструмента, предназначенного для передачи действия сил, и затем заменяет его более точным с его точки зрения: машины представляют собой не что иное, как тела или системы тел, стесненные в своих движениях какими-нибудь препятствиями. Далее он приводит свою классификацию машин в зависимости от вида препятствий (от вида связей). При этом он не учитывает силы трения, жесткость веревок, рассматривая их как гибкие и нерастяжимые нити.

Он дает основные положения для определения условий равновесия системы тел, которые сводятся к двум:

1. Если какая-либо система точек находится в равновесии, то должна находиться в равновесии каждая точка этой системы под действием как непосредственно приложенных к ней сил, так и тех реакций, которые она испытывает со стороны других точек этой системы.

2. Две точки могут действовать одна на другую только по направлению прямой, соединяющей эти точки, причем действие всегда является равным и противоположным противодействию.

Определение условий равновесия сводится к определению сопротивлений (реак-

ций), получающихся при взаимодействии отдельных точек системы; если эти сопротивления известны, то остается лишь комбинировать эти силы взаимодействия с теми, которые непосредственно даются условиями задачи (внешними силами), применяя к каждому телу условия равновесия, если бы оно было совершенно свободным.

В качестве примера Пуансо рассматривает веревочную машину (у Вариньона – веревочный многоугольник), определяет ее форму равновесия и величину натяжения. Уравнения цепной линии в окончательной форме Пуансо не дает: он определяет ее тем свойством, что тангенс ее наклона к горизонтали возрастает пропорционально длине дуги, отсчитываемой от ее наинизшей точки.

В заключении Пуансо перечисляет наиболее популярные машины, условия равновесия в которых устанавливаются отношением движущей силы к побеждаемому ею сопротивлению (аналог принципа возможных перемещений), и, при помощи пар, впервые дает объяснение "парадокса весов Роберваля", который не получил в то время истинного объяснения (если разобрать перемещения всех деталей механизма, то принцип возможных перемещений дает простое объяснение).

Может быть доказано, что произвольная система сил может быть приведена к двум силам. Пуансо показал возможность иного приведения системы сил к простейшему виду: произвольная система сил может быть приведена к одной силе, позднее получившей название главного вектора, и к паре сил, определяемой главным моментом.

Идею понятия пары сил Пуансо далее использовал и в своих работах, посвященных изучению движения тел: "Мемуар о сложении моментов и площадей" (1803), "Общая теория равновесия и движения систем" (1808) "Теории и определении экватора Солнечной системы" (1828), "Новая теория вращения тел" (1834). Момент силы  $\mathbf{F}$  относительно точки  $\mathbf{O}$  можно представить как удвоенную площадь треугольника, вершина которого находится в точке  $\mathbf{O}$ , а основанием является сила  $\mathbf{F}$ . Это означает, что момент количества движения точки, двигающейся по окружности радиуса  $\mathbf{R}$  (в центральном поле сил) с постоянной скоростью  $\mathbf{v} = \dot{\phi} \mathbf{R}$ , будет иметь выражение  $\frac{1}{2} m \dot{\phi} \mathbf{R}^2$ , откуда следует постоянство секторной скорости, момента количества движения и вывод Лапласа о существовании

"неизменяемой плоскости" Солнечной системы", к которой должен быть перпендикулярен общий момент количеств движения всех планет системы. Пуансо указывает, что в своих расчетах Лаплас не обратил внимания на моменты количеств движения от вращения планет вокруг собственной оси – моменты, величину которых Пуансо определяет как произведение момента инерции планеты во вращении вокруг своей оси на угловую скорость этого вращения. Кинетический момент Солнечной системы был получен в работе 1828 г.

Важным вкладом в геометрические методы исследования динамического движения стала "Новая теория вращения тел". Здесь впервые появляется понятие об эллипсоиде инерции. Отметив результаты, полученные ранее в задаче о вращении тела вокруг неподвижной точки Эйлером, Даламбером и Лагранжем, Пуансо пишет: "Надо согласиться с тем, что во всех этих решениях мы видим только вычисления без какой-либо ясной картины вращения тела. Конечно, эти вычисления, более или менее длинные и сложные, позволяют определить, где окажется тело к заданному времени, но мы вовсе не видим как оно туда попало, мы его полностью теряем из виду, тогда как хотелось бы наблюдать его и следить за ним, так сказать, взглядом в течение всего вращения. И я старался открыть именно это отчетливое представление вращательного движения, чтобы сделать доступным обозрению то, что пока еще никем не было изображено" [11, с. 137].

В кинематической части работы введены новые понятия пары вращений, эквивалентности пары вращений поступательному движению, центральной оси системы вращений и поступательных движений. Вращение тела вокруг точки представляется как качение без скольжения конуса по конусу. Переходя к динамике, Пуансо вводит эллипсоид моментов инерции, центральный эллипсоид инерции, поллодию и герполодию, заменяет инерционное вращение реального тела, качением его эллипсоида инерции по плоскости. Центр эллипсоида находится в центре тяжести тела, а мгновенные угловые скорости по величине и направлению изображаются прямыми, соединяющими центр эллипсоида с точками на его поверхности; плоскость действующей пары совпадает с касательной плоскостью к эллипсоиду, проведенной через конец радиуса,

изображающего соответствующую угловую скорость.

Уже в начале XIX в. стала проследиваться тенденция разделения механики на отдельные научные направления, соответствующие научным вкусам тех или иных ученых. Задачи небесной механики, промышленной механики все дальше отдалялись от основного русла развития механики как теоретической основы всех ее многочисленных ветвей. Кроме того, среди механиков все больше появляется специалистов по прикладным разделам.

## 10. Симеон Дени Пуассон



Важный вклад в развитие математических наук, механики и физики внес ученик и последователь Лагранжа и Лапласа – Симеон Дени Пуассон (Siméon Denis Poisson; 1781–1840). Пуассон родился 21 июня 1781 г. в г. Питивье (близ Орлеана). Начальное образование получил под руководством отца, далее учился в военной школе в Фонтенбло, где, благодаря учителю математики, получил хорошее математическое образование, позволившее ему получить наивысшую оценку при поступлении в 1798 г. в ППШ. Вскоре профессора Лаплас и Лагранж обратили внимание на талантливого студента и способствовали тому, чтобы молодой ученый был оставлен в ППШ в качестве репетитора.

В 1802 г. Пуассон был назначен адъюнкт-профессором, в 1806 – профессором (на место Фурье), с 1809 – был профессором Парижского университета, с 1812 – астрономом в Бюро долгот, с 1816 – профессором рациональной механики факультета наук, а с 1820 – членом совета Парижского университета и наблюдателем над преподаванием математики во всех коллежах Франции. При Людовике XVIII он был возведен в бароны, награжден орденом Почетного легиона, а при короле Луи-Филиппе стал пэром Франции. Пуассон был членом большинства европейских и американских научных обществ и академий наук (с 1812 г. – членом Парижской академии наук, с 1826 – Петербургской).

Пуассон с особой теплотой и заботой относился к своим родителям, был женат (с 1817 г.), имел двух сыновей и двух дочерей, отличался добропорядочностью, пунктуальностью и широтой интересов (любил театр,

литературу, изучал историю наук). Он не любил путешествовать, предпочитая "сидячую жизнь за столом", но был прекрасным лектором и любил свою педагогическую работу, о чем свидетельствует его известное высказывание: "Жизнь украшается двумя вещами – занятием математикой и ее преподаванием". Научное наследие Пуассона включает порядка 350 публикаций по разным разделам математики, математической физики, электростатики и магнетизма, теоретической и небесной механики, теории упругости и гидромеханики. Его наиболее известными учениками были **Доминик Франсуа Жан Араго** (1786–1853), **Мишель Шаль** (1793–1880), **Жозеф Лиувиль** (1809–1892) и **Петер Густав Лежен-Дирихле** (1805–1895).

Симеон Дени Пуассон умер 25 апреля 1840 г. в возрасте 58 лет в местечке Со (предместье Парижа). "В нем были соединены гений, трудолюбие и математическая ученость" – писал о нем его первый биограф Франсуа Араго. Именем Пуассона назван кратер на Луне, а в физико-математических науках – "распределение Пуассона", "биномиальное распределение Пуассона", "скобки Пуассона", "интегралы Пуассона", "коэффициент Пуассона", "уравнение Пуассона", "теоремы Пуассона", "формула суммирования Пуассона", "пуассоновский процесс (поток)", "ядро Пуассона", "регрессии Пуассона", "нули Пуассона".

В научном творчестве Пуассон был продолжателем традиций аналитической механики Эйлера, Даламбера, Лагранжа и Лапласа. Это подтверждает его первый большой труд "Трактат по механике" (1811, второе издание – 1833), первый том которого продолжает идеи "Аналитической механики", исправляя некоторые неточности и ошибки этого трактата. Однако механику Пуассон излагает как физическую науку. Автор приводит решения различных задач физики, астрономии, артиллерии (в частности, полет снаряда и отдачу орудия).

Второй том "Трактата" посвящен решению задачи о движении тела с одной неподвижной точкой. Пуассон получил три первых интеграла (живых сил, момента количества движения, моментов относительно оси симметрии тела) и определил характер изменения углов нутации и прецессии. В "случае Эйлера" (тело совершает регулярную прецессию) угол нутации постоянен, а углы прецессии и собственного вращения изменяются

пропорционально времени. В случаях "Пуансо" и "Лагранжа–Пуассона" задача решается в эллиптических функциях времени.

В первом издании "Аналитической механики" Лагранж ограничился геометрическими квадратурами. Второе издание второго тома "Аналитической механики", подготовленное Жаком Филиппом Мари Бинэ (1786–1856), где были опубликованы аналогичные результаты, вышло только в 1816 г. (после смерти Лагранжа). Поэтому "случай Лагранжа", в задаче о движении тела с неподвижной точкой, несмотря на более позднюю публикацию, справедливее называть "случаем Лагранжа–Пуассона".

Теории моментов инерции, эллипсоида инерции посвящены работы Гюйгенса, Эйлера, Даламбера, Лагранжа, Пуансо, Пуассона, Бинэ, Коши, Ампера и их многочисленных последователей.

Научное наследие Пуассона очень многообразно. В работах по теоретической и небесной механике доказываются устойчивость планетарных движений, выводятся формулы возмущенного движения ("формулы Пуассона"), доказываются теорема ("теорема Пуассона"), по которой выражение, составленное из двух интегралов уравнений динамики ("скобки Пуассона"), не зависит от времени, но только от элементов орбит.

Дальнейшее развитие получили публикации Пуассона по теории притяжения, электростатике и магнетизму. Электрический потенциал зависит от величины и расположения зарядов в пространстве. В 1811 г. Пуассон вывел дифференциальное уравнение, связывающее потенциал с плотностью распределения зарядов. Это уравнение является одним из основных в современной теории потенциала (раздела математической физики).

Важную роль играют его работы по теории упругости и гидромеханике. Пуассон обобщил уравнения Навье–Стокса на случай движения сжимаемой вязкой жидкости с учетом теплопередачи, обобщил уравнения теории упругости на анизотропные тела, решил ряд задач теории упругости, колебаний, ввел коэффициент, учитывающий свойства материала упругого тела ("коэффициент Пуассона" связывает относительные изменения поперечных и продольных размеров деформируемого тела). Как математик, он известен работами по теории рядов, теории неопределенных интегралов, вариационному исчисле-

нию, математической физике, теории вероятностей (сформулировал теорему, являющуюся частным случаем закона больших чисел ("теорема Пуассона")), одну из предельных теорем, предложил распределение вероятностей случайных величин ("распределение Пуассона").

#### **Список литературы**

1. *Боголюбов А.Н.* Математики, механики. Биографический справочник. Киев: "Наукова думка", 1983. 639 с.

2. <https://www.britannica.com/topic/Ecole-Polytechnique> (дата обращения: 18.01.2019).
3. <https://search.rsl.ru/ru/record/01001780371> (дата обращения: 22.01.2019).
4. *Боярский П.В.* École Polytechnique. Развитие механики во Франции в конце XVIII и начале XIX веков (монография). М.: ИИЕТ РАН, 1997. 195 с.

## **The first mathematics and mechanics of the Paris Polytechnic School (École Polytechnique) and of the Institute of France**

**V. I. Yakovlev**

Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia  
iakovlev@psu.ru; 8(342) 239 6298

Brief biographical information about the first mathematicians and mechanics of the Paris Polytechnic School and the Institute of France is given.

**Keywords:** *mathematics; mechanics; Paris Polytechnic School (École Polytechnique); Institute of France.*