

**Развитие механики в России. Ч.-3**

**Лекция 3**

**Учителя Н.Е. Жуковского по Московскому  
университету**

- Научные исследования по механике на высоком теоретическом уровне аналитической школы Лагранжа—Остроградского настойчиво и продуктивно вел **Николай Дмитриевич Брашман**.
- При его ближайшем участии начали выходить «**Ученые записки Московского университета**». В 1838 г. за сочинение «**Теория равновесия тел**» Брашман получает Демидовскую премию Академии наук. Н. Д. Брашман был крупнейшей фигурой русского просвещения.
- Из работ Н. Д. Брашмана в области теоретической механики наибольшее значение имеют: «**Теория равновесия тел твердых и жидких, или Статика и гидростатика**» 1837) и «**Теоретическая механика**» 1859).

- Теорию равновесия Брашман излагает на основании аксиомы параллелограмма сил и принципа возможных перемещений. В книге достаточно подробно излагаются задачи статики точек и твердого тела, разбирается задача о притяжений эллипсоидом внешней и внутренней точки, с большой подробностью рассмотрены методы определения центров тяжести линий, поверхностей и объемов. Изучается равновесие гибкой нити и в простейших задачах рассматривается устойчивость равновесия при потенциальном поле сил. В этих главах — по существу компилятивных — Брашман ведет изложение строго и ясно, следуя методу академика М. В. Остроградского и отчасти заимствуя материал из сочинений Лагранжа, Пуассона и Коши.

- Глава «**О равновесии плавающих тел**» написана с большой оригинальностью и мастерством, причем главные задачи подобраны и решены самостоятельно.
- Нужно отметить, что последующий цикл работ русских механиков, посвященных аналитическим приемам изучения равновесия плавающих тел, был в сущности вызван этой главой сочинения Н. Д. Брашмана.
- Заключительный раздел книги посвящен теории молекулярных сил, по современной терминологии — теории эфира.
- Брашман считает, что *«частицы материи отталкиваются взаимно, и мы допустим, что они отталкиваются в прямом содержании масс и в обратном содержании квадрата их расстояния. Частицы эфира отталкиваются так же, по тому же закону, как частицы весомой материи притягиваются, и это притяжение происходит также по закону Невтона»*.

- В курсе теоретической механики Брашман следует аналитическому методу.
- «Мне казалось удобнее разделить механику на две главные части, на механику точки и механику системы. В каждой из этих частей уравнения движения выведены из уравнения равновесия. В теории равновесия системы я удержал ту общность, которую ей дал Остроградский».
- Ревностный сторонник методов Лагранжа, Н. Д. Брашман был родоначальником московской школы **механиков-аналитиков**.

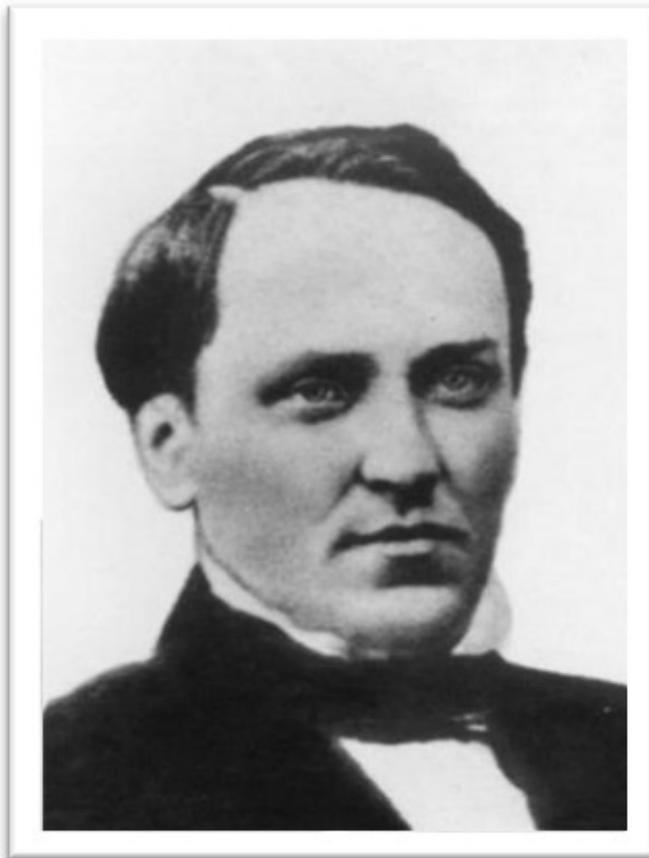
- Брашман воспитал блестящую плеяду ученых-механиков. Вполне справедливо научные работники физико-математического факультета писали по случаю 30-летнего юбилея и педагогической деятельности в Московском университете Н. Д. Брашмана 20 сентября 1864 г.: «Вы составили себе, Николай Дмитриевич, многочисленную семью, разбросанную по всей земле русской. 40 лет назад вступили вы на поприще преподавательской деятельности и с самого начала вложили в исполнение своих обязанностей то теплое чувство, ту строгую добросовестность, которые одни только служат ручательством верного успеха. Вы не довольствовались одним чтением лекций, в своей аудитории, между своими слушателями, вы постоянно искали молодых людей прилежных и способных, из которых могли бы выйти способные ученые... Вы образовали рассадник молодых ученых, которым пользовались и пользуются все русские университеты; и в Петербургском университете математические науки преподаются вашими учениками, и Петербургская Академия Наук получила своих академиков математиков из лиц, образовавшихся в вашем доме под вашим руководством» (*Мат. сб. 1866, т. I*)

- Брашман предлагал в качестве тем для кандидатских и магистерских работ **практически важные задачи**. Например, его ученики защитили диссертации на такие темы: «Теория вертикальных водяных колес» (И.И. Рахманинов), «О воде как о двигателе» (А.С. Ершов). В своих лекциях Брашман значительное место отводил вопросам, связанным с действием различных машин, водяных двигателей, баллистике, строительной механике. При этом он использовал сочинения Л. Пуансо, Ж. Понселе и других ученых Парижской Политехнической школы.
- В связи с ростом машиностроительной промышленности в России в 1844 г. по предложению Брашмана на физико-математическом факультете были введены новые предметы: начертательная геометрия и практическая механика. Специальный курс по практической механике читал его ученик А.С. Ершов.

-

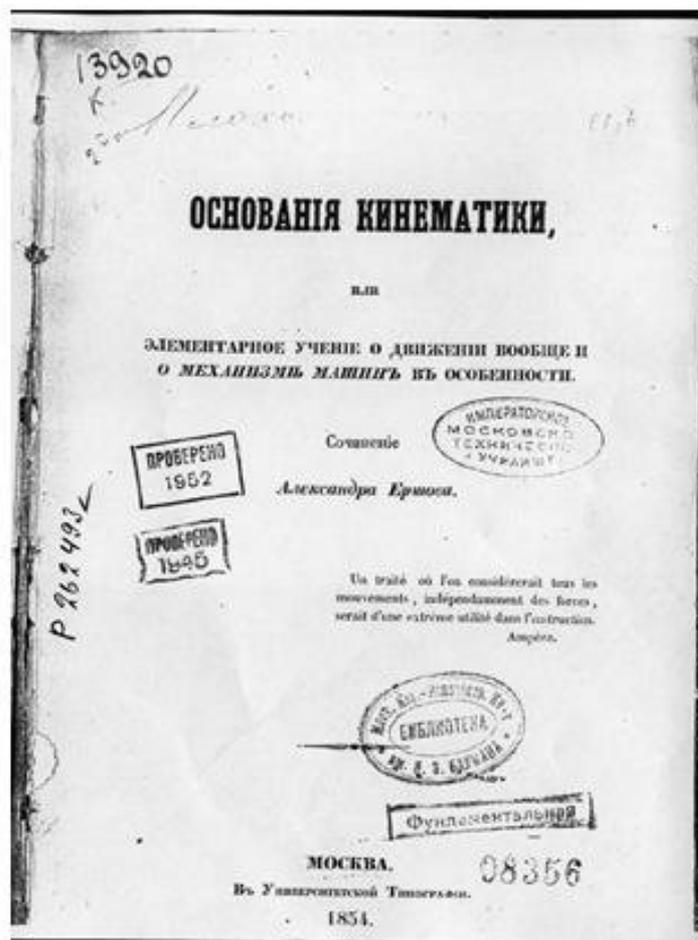
## Первый университетский курс практической механики А.С. Ершова.

- **Александр Степанович Ершов (1818-1867)** окончил Московский университет в 1839 г. Он прошел стажировку в инженерных институтах Петербурга, углубил свои познания и опыт в Париже. В 1844 г. защитил магистерскую диссертацию «О воде как о двигателе». В этом же году начал преподавать практическую механику сначала в должности адъюнкта, а затем с 1853 г. в звании экстраординарного профессора. Ершов рассматривал практическую механику как «науку машин». Задача подготовки нужных кадров, по его словам, была не из легких: *«Легче построить железные дороги и сделать некоторые экономические реформы, нежели образовать специалистов по всем частям...Полезно было бы учредить особое отделение высших технических курсов при наших физико-математических факультетах»*.
- Однако физико-математический факультет все же не мог готовить инженеров. Поэтому Ершов, будучи директором (профессор училища с 1845 по 1867 г. и директор с 1859 по 1867 г.) Московского ремесленного училища, ставит вопрос о его преобразовании в *Высшее* техническое училище. Вскоре после смерти Ершова, в 1868г. Ремесленное училище было реорганизовано в Высшее Техническое училище (сейчас МГТУ им. Н.Э. Баумана).



Ершов  
Александр Степанович  
(1818-1867)

**«Основания кинематики, или элементарное учение о движении вообще и механизме машин в особенности» 1854г.**



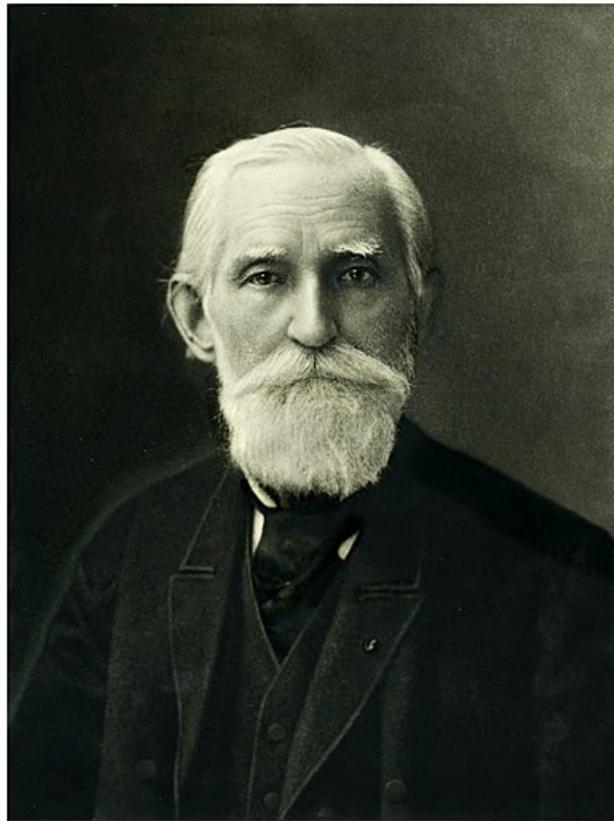
«...Издаваемое нами сочинение по содержанию относится к азбуке машиноведения, без которой, впрочем, нельзя понимать ни состава, ни действия машин, а по изложению принадлежит к числу элементарных сочинений, основанных на начальной Математике»

- **А.С. Ершов считал главной целью курса не столько ознакомление слушателей с различными производствами и специальными технологиями, сколько изложение новейших теорий действия тех или иных машин, дающих расчеты наивыгоднейших режимов двигателей, наименьших потерь полезной работы в исполнительных механизмах.**
- **Он подчеркивает важность теоретического расчета действия машин, указывая, что образцы таких теорий можно найти «... в Науке, созданной в новейшее время гением Навье и Понселе». Таким образом, курс практической механики строился на самых новых по тому времени руководствах и теориях.**

## Первый университетский курс практической механики А.С. Ершова.

- В курсе «**Основания кинематики или элементарное учение о движении вообще и о механизме машин в особенности**» Ершов рассматривает движение машины как совокупности многих ее частей.
- Его **программа по практической механике**, дает представление о содержании одноименного курса, который стал основой учебника (1854). Это был первый в России учебник практической механики, в котором излагались **основные положения кинематики**. Сам автор относил его «к азбуке машиноведения, без которой нельзя понимать ни состава, ни действия машин...».
- Программа курса практической механики Ершова включает в себя пять частей: 1) Движение и машины, рассматриваемые независимо от сил; 2) Динамическая теория машин; 3) Двигатели и машины, принимающие действие двигателей; 4) Построение машин; 5) Механическая технология.
- Эту программу детально рецензировал **П.Л. Чебышев**, читавший курс практической механики в **Петербургском университете** (1849-1851 гг.) и в Михайловском лицее (1852-1856 гг.), позитивно отозвался об этой программе, а его замечания позволили Ершову усовершенствовать курс лекций.

# Чебышев Пафнутий Львович (1821-1894)



*Пафнутий Львович Чебышев*

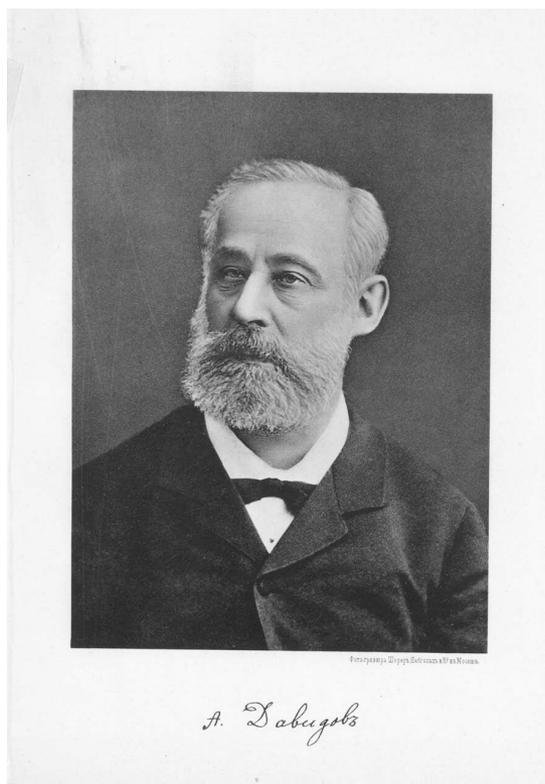
- Итак, начиная с 30-х годов XIX в. Московский университет, как и Петербургский, давал весьма серьезное образование в области теоретической и *практической* механики и направлял внимание специалистов на решение актуальных задач техники и промышленности.
- **Брашман, Ершов и Чебышев** вошли в историю практической механики как основатели нового направления науки с учетом запросов и актуальных задач того времени. Им удалось отразить в курсе все передовые достижения того времени, систематизировать знания и объединить в общую программу практической механики, активно реализуемую ими и их последователями.

## Образование кафедры теоретической и практической механики в Московском университете в XIX столетии.

- Интенсивный рост крупной машинной индустрии в России, связанный с аграрно-крепостной реформой 1861 г., повлиял на реорганизацию науки и высшего образования. Это нашло отражение в изменении университетских уставов и повлияло на преподавание, в том числе, и механики.
- В 1863 г. для университетов России был введен новый устав, благодаря которому университеты получили большую самостоятельность во внутреннем самоуправлении, например, разделять предметы и изменять порядок их преподавания на всех факультетах. Согласно новому уставу впервые на физико-математическом факультете Московского университета вместо двух кафедр чистой и прикладной математики, существовавших с 1804 г., Уставом 1863 г. предусматривались две кафедры:
  - 1) чистая математика;
  - 2) механика: теоретическая и практическая.

- Таким образом, **механика** формируется в самостоятельную университетскую дисциплину (кафедру).
- Следует отметить, что согласно новому уставу возглавлять кафедру имел право только преподаватель со степенью доктора соответствующей науки. Отсутствие нужного числа преподавателей затрудняло организацию новых кафедр. Профессор Брашман в 60-х годах был тяжело болен, и его часто и подолгу замещал А.Ю. Давидов. После отставки Брашмана в 1864 г. чтение лекций по механике сразу же было разделено между преподавателем Ф.А. Слудским и доцентом В.Я. Цингером.
- Позже, в 1866 г., Слудский, занял (вакантное с 1864 г.) место экстраординарного профессора и стал читать курс теоретической механики; занятия по практической механике вел Ф.Е. Орлов.

- **В. Я. Цингер, Б. К. Млодзеевский, Ф. Е. Орлов** также проводили интересные исследования по механике.
- Важнейшие из работ Василия Яковлевича **Цингера** по механике примыкают к задаче Дирихле о движении жидкого эллипсоида; при более общих предположениях В.Я.Цингер проводит интегрирование уравнений движения до конца.
- Исследования **Августа Юльевича Давидова** по механике касаются двух проблем: теории равновесия тел, погруженных в жидкость, и теории капиллярных явлений. Оригинальным результатом Давидова в первой группе работ (в том числе и магистерской диссертации) является метод нахождения места центров тяжести различных сечений тела постоянного отсеченного объема. Давидов решил много конкретных задач этим общим методом. В другой группе работ (в том числе и в докторской диссертации 1851 г.) Давидов построил общую аналитическую теорию капиллярных явлений, максимально согласуя ее с физическими воззрениями и эмпирическими данными.



**В. Я. Цингер**

**Август Юльевич Давыдов (1823—1885)**—ученик Брашмана— продолжал исследования своего учителя по аналитической механике.

И в научной и в педагогической деятельности Давыдов был последователем методов Лагранжа. В предисловии к своей магистерской диссертации **«Теория равновесия тел, погруженных в жидкость»** он пишет, что *«достоинство новой механики заключается в ее большой аналитической общности, превосходный образец которой дает механика Лагранжа»*.

Наиболее крупными работами Давыдова по механике, являются:

1. Теория капиллярных явлений (1851) и
2. О наибольшем числе положений равновесия прямой трехгранной призмы (1854).

В теории равновесия тел, погруженных в жидкость, Давыдов значительно обобщает результаты Брашмана. Это сочинение не утратило своего значения до наших дней, и аналитическая трак- трактовка вопроса дана в весьма широкой перспективе. Решив на основе общей теории большое число частных задач, Давыдов исследует **устойчивость равновесия плавающих тел.**

**Необходимым и достаточным** условием прочности равновесия является требование, чтобы **центр тяжести тела лежал близко к центру тяжести вытесненного объема**, нежели ближайший из главных центров кривизны поверхности центров.

При исследовании положений равновесия прямой трехгранной призмы, плавающей при горизонтальной образующей, Давыдов нашел, что максимальное число положений равновесия равно 12.

В теории капиллярных явлений Давыдов так формулирует цель своей работы: «Исследования Пуассона исчерпали почти всю теорию капиллярных явлений, оставалось одно только после его изысканий, связать эту теорию с общей теорией -равновесия жидкостей и обратить ее в отрасль аналитической механики, чего и хотел достигнуть Гаусс с помощью своей теории. Но он не обратил внимания на изменение плотности ни около свободной поверхности, ни около поверхности сосуда; поэтому его теорию нельзя считать ни совершенно общей, ни вполне строгой. Для получения совершенно строгой и общей теории капиллярности должно руководиться общими правилами механики, не опуская из виду ни одного физического обстоятельства, существенно до вопроса относящегося. Вот цель, которую я имел в виду при исследованиях, предлагаемых в этом рассуждении».

В этой работе были рассмотрены задачи: о возвышении и - понижении жидкости в капиллярных трубках, о поверхности жидкости, заключенной между параллельными и вертикальными плоскостями и др.

- При чтении лекций по различным отделам механики Давыдов «всегда становился на самую общую точку зрения, охватывая вопрос во всей его полноте, и потом прилагал достигнутые результаты к частным случаям, подбирая их с замечательным умением и разбирая их с полнотою и ясностью, столь свойственными его изложению».
- Ученик Давыдова Ф. А. Слудский писал, что лекции Давыдова, «покоряющие глубиной мысли и проникнутые чувством меры и гармонии, очаровывали аудиторию»

## Ф.Е. Орлов (1843-1892)

- Федор Евплович Орлов в 1859 г. по окончании Ярославской гимназии поступил на физико-математический факультет Московского университета, где пользовался особым расположением Брашмана.

В 1863 г. окончил университет и был оставлен на кафедре чистой математики «для подготовки к профессорскому званию», а в 1869 г. защитил магистерскую диссертацию «О взаимности дифференциальных уравнений».

Курс практической механики временно читал Д.Н. Лебедев, выпускник Московского университета, будущий профессор Высшего технического училища. **Давидов рекомендовал для чтения курса практической механики Орлова, он получил заграничную командировку.** В задачу Орлова входило ознакомление с преподаванием практической механики в лучших политехнических школах Европы.

# Федор Евплович Орлов (F.E.Orlov) (1843-1892)



## Ф.Е. Орлов (1843-1892)

- В сентябре 1869 г. он выехал в Швейцарию, год он работал у профессора прикладной механики Г. Цейнера – одного из основоположников теории паровых машин и турбин. Орлов познакомился с основами инженерного дела, научился проектировать машины и стал близким учеником Цейнера. В следующем году он поехал в Берлин, где встретился с Ф. Рело. «Узнав, что я владею математическим образованием, - пишет Орлов, - и прослушал у Цейнера полный теоретический курс машин, он сказал, что было бы бесполезною тратою времени слушать еще профессора Грассмана, потому что он нейдет далее Цейнера в своих лекциях; что касается практического специального курса, то он указал на Вибе.

- Хотя я уже прослушал курс построения составных машин в Цюрихе, но я высказал желание прослушать его еще раз у Рело, и он предложил мне ... посещать его чертежную».
- В аудитории Ф. Рело Орлову особенно понравился стол для демонстрации опытов, «который назван кинематическим столом. В нем находятся прорезы и шипы для укрепления и передвижения механизмов, которые могут быть приведены в движение маленько водостолбовою машиной».
- Позже Орлов воспользовался идеями и примерами Рело для своей вступительной лекции в Московском университете, а также развивал его кинематические методы.

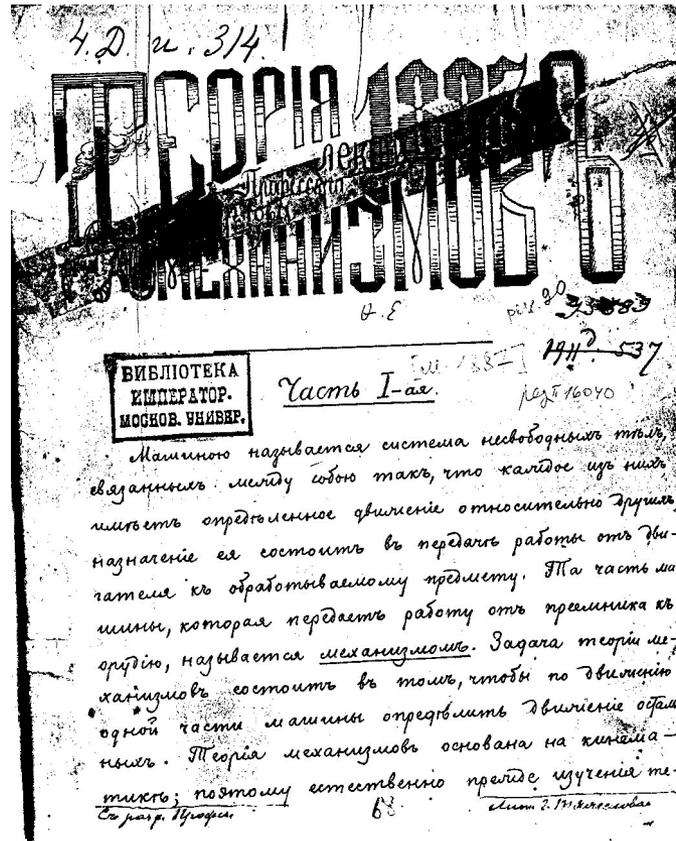
- Осенью 1872 г. Орлов вернулся в Москву и приступил к преподаванию в университете и Техническом училище. Вступительную лекцию в университете на тему «О машинах» он посвятил изложению кинематической теории Рело.
- Следует заметить, что Орлов начал преподавание **практической механики** в Московском университете в должности стороннего преподавателя. Учитывая высокую квалификацию Орлова, администрация университета изыскала возможность для учреждения новой штатной единицы по кафедре механики, что характеризует заинтересованность университета в преподавании практической механики.
- «Факультет просит об учреждении новой доцентуры» по кафедре механики. При вмешательстве министра просвещения в эту проблему, появился Приказ (5 ноября 1873г.) об избрании Орлова на должность доцента.

- Н.Е. Жуковский, с которым Ф.Е. Орлов был в дружеских отношениях, писал: «В Московском университете преподавание практической механики было поставлено Ф[едором] Е[впловичем] на ту высоту, на которой оно не стоит ни в одном из русских университетов. Я помню, как одобрительно отозвался председатель экзаменационной комиссии В.Г. Имшеницкий, встретив в ответах студентов по специальным курсам практической механики такие обширные знания, которые можно ожидать только от воспитанников специальных технических школ. Ф[едор] Е[вплович] поощрял студентов заниматься его предметом. Он устроил в университете прекрасный механический кабинет, завел классы черчения и проектирования. Он всегда охотно сообщал занимавшимся у него студентам сведения для писания кандидатских сочинений, наделяя их даже книгами из своей библиотеки. Можно сказать, что почти половина кандидатских сочинений писалась в университете по практической механике».
- Как указывал Л.С. Лейбензон, именно Орлова можно считать главным основателем того прикладного направления, на которое вступила с того времени механика в Московском университете.

- Кроме университета и МВТУ Орлов читал практическую механику в Московской практической академии коммерческих наук. Он был первым профессором Технического училища по кафедре практической механики и организатором его инженерно-механического отделения.
- Курсы Орлова были очень содержательными и отличались новизной изложения.
- По читаемым Орловым лекциям по прикладной механике в 1873/74 уч.г. было составлено первое его учебное пособие (литографированное) по этому предмету: «**Лекции по прикладной механике**».
- Лекции не раз переиздавались в 1873-79 гг. Это было наиболее полное отечественное руководство по теории машин и механизмов в XIX веке. По определению Ф.Е. Орлова, практическая механика есть наука о машинах.

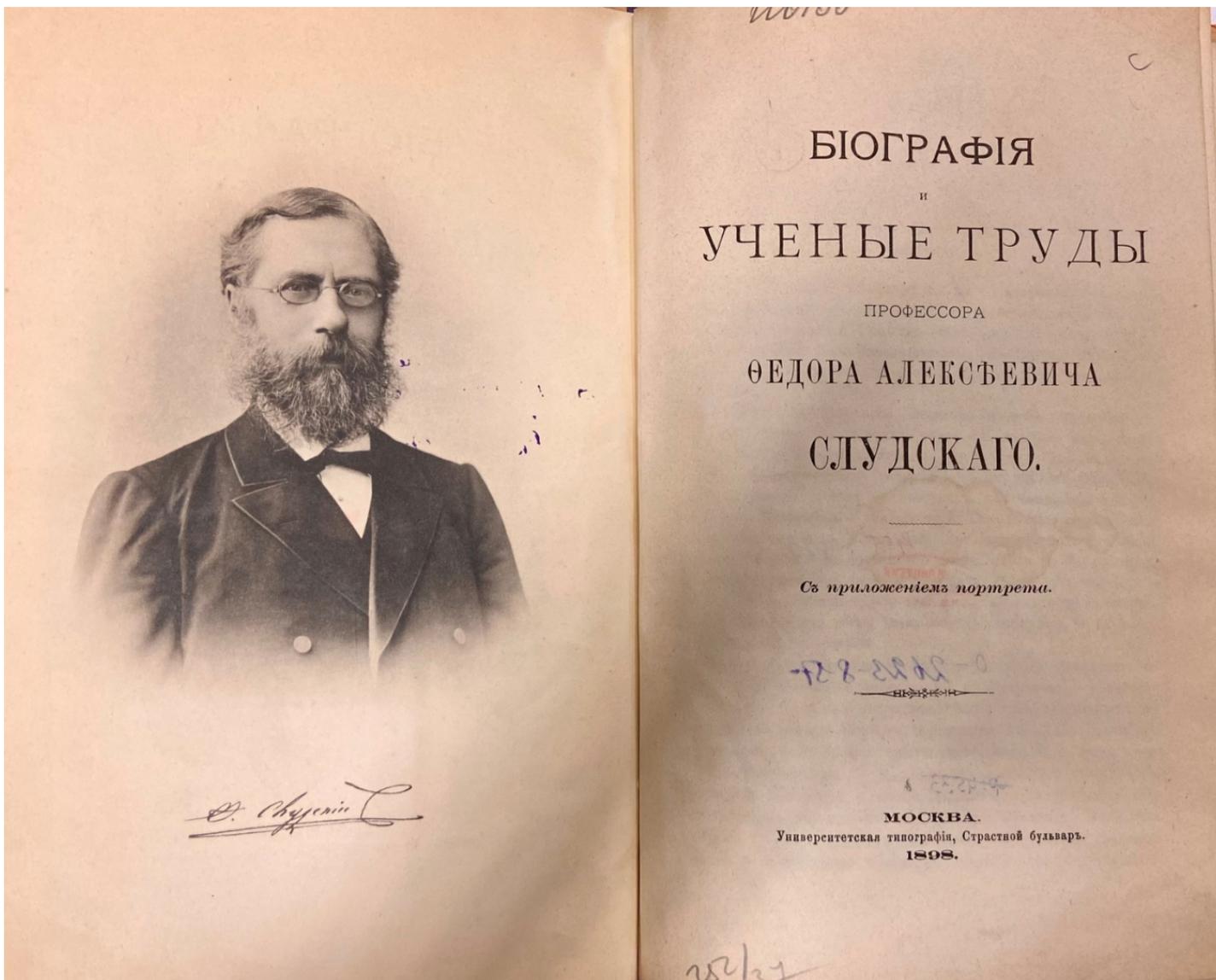
- В 1884 г. Ф.Е. Орлов был утвержден экстраординарным профессором кафедры теоретической и практической механики Московского университета.
- В 1887 г. появился (литографированный) **курс Орлова «Теория механизмов»**.
- На первой же странице говорится: «Задача теории механизмов состоит в том, чтобы по движению одной части машины определить движение остальных. Теория механизмов основана на кинематике; поэтому естественно прежде изучения теории механизмов необходимо познакомиться с кинематикой». Книга делится на две части:
  - 1) Кинематика точки и
  - 2) Теория механизмов.

# F.E.Orlov (1843-1892)



- **«Теория механизмов»** Ф.Е.Орлова являлась востребованным практическим руководством по общему курсу прикладной механики.
- С самого начала преподавания в университете Орлов предпринял ряд энергичных действий с целью улучшить преподавание практической механики и значительно пополнил кабинет практической механики университета, который находился в запущенном состоянии.
- В 1886 г. Ф.Е. Орлов был избран вице-президентом Политехнического общества при МВТУ.
- Умер Ф.Е. Орлов в 1892 г.

# Ф.А.Слудский (1841-1897)





## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- 31.01.1841 - родился в Ярославле, в семье чиновника
- 1849-1856 - семиклассная Ярославскую гимназия (золотая медаль)
- 1856-1860 - физико-математический факультет Московского университета (степень кандидата). Оставлен в университете на три года по кафедре астрономии
- 1863 - защитил магистерскую диссертацию по астрономии на тему: «**Об уклонении отвесных линий и о притяжении многогранников**».



## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- В конце 1864 г. Ф.А. Слудский защитил диссертацию на степень **доктора астрономии** «Триангуляция без базиса».
- Его основополагающие геофизические работы, посвященные методам интерпретации гравитационных и магнитных аномалий, оказались на долгие годы забытыми и их пришлось открывать заново. Так, в начале 30-х годов XX века были переоткрыты предложенные им еще в 1872 г. интегральные методы интерпретации, а уровень его работ 1896 г. был достигнут только в 1939 г.

## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- Ф.А. Слудскому было предложено чтение лекций по начертательной геометрии и теории чисел в качестве «стороннего преподавателя». В **1864** г. ему было присвоено звание **доцента**. Одним из первых его студентов был первокурсник **Н.Е. Жуковский**, который вспоминал: «Преподаватель Федор Алексеевич был аккуратный и толковый. Все излагаемое им было хорошо обдуманно и не оставляло у слушателей никаких сомнений»



- В 1864г. проф. кафедры прикладной математики Н.Д. Брашман вышел в отставку, после 30 лет работы в Московском университете.
- После смерти профессора Николая Дмитриевича Брашмана (1796-1864) его курс лекций по механике был временно разделен между профессорами Августом Юльевичем Давидовым (1823-1885) и Василием Яковлевичем Цингером (1836-1907).

## Ф.А.Слудский (1841-1897)

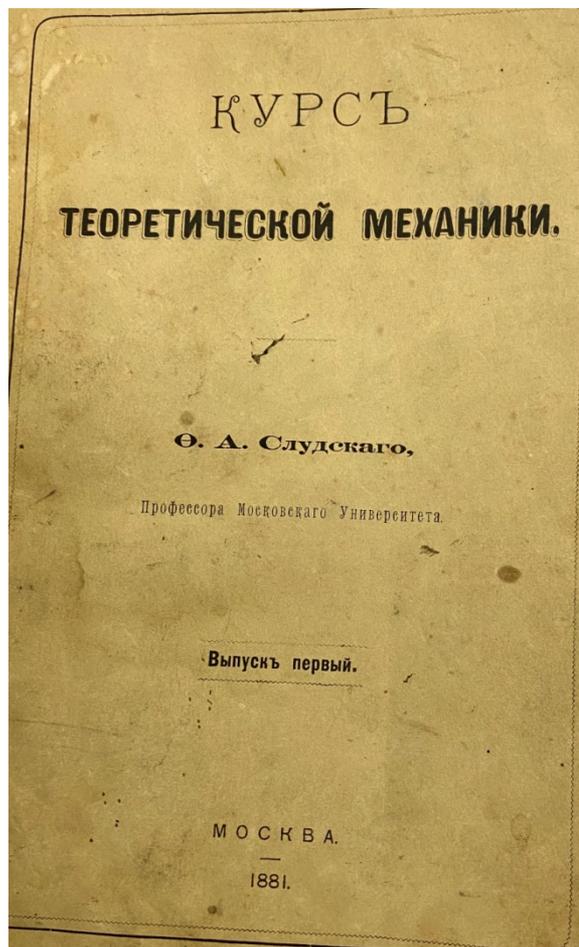
- Но, защитив диссертацию по небесной механике, занять кафедру по теоретической механике он не мог. В декабре **1865г.** он защищает вторую диссертацию по гидромеханике **«О равновесии и движении капельной жидкости при взаимодействии ее частиц»**, за которую был удостоен ученой степени доктора прикладной математики, и в **1866 г.** по праву занял вновь открытую кафедру **«Механики теоретической и практической»**.

## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- В **1866** г. курс теоретической механики был передан Ф.А. Слудскому, которому одновременно присвоили звание **экстраординарного профессора механики**.
- Лекции по теоретической механике Ф.А. Слудский читал в течение 20 лет, **до 1886** г.
- На этих лекциях отразились влияния **Остроградского, Брашмана и Сомова**.
- В предисловии к своему «Курсу теоретической механики» Ф.А. Слудский сам подчеркивал, что, высоко ценя аналитический метод изложения, он следовал в преподавании примерам Остроградского и Брашмана. Впрочем, Слудский вводил и чисто геометрические представления, признавая некоторую ограниченность аналитического метода.

**«4. Успехи науки влекут за собою постепенно пополнение курсов целыми главами. Не только курса Остроградского, который заботился исключительно о стройности и прямо жертвовал ей полнотою, но даже курса Брашмана и других курсов того времени достаточно полными признать я не мог. В своем курсе я считал своевременным: а) дать очерк кинематики систем изменяемых (отделив, по примеру других, кинематику от динамики); б) ввести краткую теорию Ньютонова потенциала; в) прибавить главу о преобразовании и интегрировании уравнений движения; г) внести в гидродинамику изложение главных свойств вихревых и невихревых движений капельной жидкости».**

# Ф.А.Слудский «Курс теоретической механики» (1881)



Замѣчанія Ф. А. Слудскаго по поводу составленнаго имъ курса теоретической механики \*).

Оставленному по окончаніи курса (1860 г.) при Московскомъ университетѣ для приготовленія къ профессорскому званію по кафедрѣ астрономіи и геодезіи, пришлось мнѣ въ началѣ 1862 г. взяться за чтеніе лекцій по начертательной геометріи и теоріи чиселъ, а со середины 1864 года и до второй половины 1886 года преподавать въ университетѣ теоретическую механику. Я счелъ своимъ долгомъ посвятить все свои силы этому послѣднему дѣлу. Не найдя возможнымъ опереться въ преподаваніи на какойнибудь изъ имѣвшихся уже курсовъ, я поставилъ себѣ главнѣйшею задачею выработку курса теоретической механики. Слѣдуя примѣру (почину) покойнаго нашего академика М. В. Остроградскаго, мой предшественникъ по кафедрѣ и учитель Н. Д. Брашманъ излагалъ теоретическую механику аналитически, т. е. тѣмъ методомъ, при помощи котораго великій Лагранжъ въ своей безсмертной *Mécanique Analytique* придалъ наукѣ поразительную стройность, свелъ ее всю къ двумъ основнымъ принципамъ — принципу возможныхъ перемѣщеній и принципу Д'Аламбера, заключивъ ее всю въ одну общую формулу, выражающую собою условіе равновѣсія потерянныхъ силъ. Я вполне повималъ и цѣнилъ высокія достоинства и чрезвычайную привлекательность аналитическаго метода въ изложеніи механики; въ своемъ преподаваніи рѣшился я поэтому слѣдовать примѣрамъ Остроградскаго и Брашмана. Но ни коротенькимъ, хотя и превосходнымъ по изложенію, курсомъ покойнаго академика, ни болѣе подробнымъ курсомъ моего учителя удовлетвориться я не могъ по нижеслѣдующимъ причинамъ.

\*) Извлечено изъ бумагъ, оставшихся послѣ смерти Федора Алексѣевича.

Ф.А. Слудский создал стройный курс аналитической механики, который в **1881** г. издал под названием «**Курс теоретической механики**». В нем в сжатой и ясной форме были изложены основные идеи Лагранжа. Он отводил значительную часть объема курса разделу «**Кинематика**». Таким же новшеством в университетских курсах механики был раздел курса из учебника Слудского «**Геометрия масс**», стимулируемый запросами теории машин и механизмов. Когда звено машины совершает вращательное (вообще говоря, непоступательное) движение, необходимо знать функцию распределения массы тела относительно осей координат, связанных с телом. Такие же проблемы возникали в геофизике и небесной механике при учете формы Земли, Луны и других небесных тел. Наконец, новаторством было включение в «Курс теоретической механики» Слудского крупного раздела **гидромеханики**; об этом он пишет в замечаниях к курсу механики.

# О Г Л А В Л Е Н І Е.

Стран.

## ВВЕДЕНИЕ.

А. Предметъ Механики и дѣленіе ея на части.....	3
В. Геометрія массъ.....	4

## КИНЕМАТИКА.

I. Абсолютное движеніе точки.....	30
II. Абсолютное движеніе системы неизмѣняемой.....	56
III. Абсолютное движеніе системъ измѣняемыхъ.....	75
IV. Относительное движеніе точки и системы.....	93

## ДИНАМИКА ТОЧКИ.

I. Силы. Ихъ дѣйствія. Измѣреніе, составленіе и разложеніе силъ .....	98
II. Равновѣсіе свободной точки.....	110
III. Движеніе свободной точки.....	113
IV. Равновѣсіе несвободной точки.....	144
V. Движеніе несвободной точки.....	162
VI. Относительное равновѣсіе и движеніе точки.....	199
VII. Теорія притяженія.....	207

## ДИНАМИКА СИСТЕМЫ.

I. Общія уравненія равновѣсія и движенія системы.....	265
II. Общія свойства равновѣсія и движенія системы.....	281
III. Упрощенныя формы уравненій равновѣсія и движенія си- стемы. Интегрированіе каноническихъ уравненій движенія.	295
IV. Равновѣсіе системы неизмѣняемой.....	317
V. Движеніе системы неизмѣняемой.....	348
VI. Ударъ твердыхъ тѣлъ.....	377
VII. Равновѣсіе веревочнаго многоугольника и гибкой нити. Движеніе гибкой нити.....	385
VIII. Равновѣсіе капельной жидкости и твердыхъ тѣлъ погру- женныхъ въ жидкость.....	405
IX. Движеніе капельной жидкости.....	434

## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- По воспоминаниям его ученика **Н.Е. Жуковского**, который слушал эти лекции будучи студентом четвертого курса, изложение поначалу казалось трудноватым. Однако вскоре слушатели в полной мере оценили в нем единство и стройность изложения.
- **«Экзаменатор Ф.А. Слудский был требовательный, но не придирчивый. Ему надо было написать все содержание билета до конца. Даже и на магистерских экзаменах он обыкновенно предлагал вынуть билет по заранее условленной программе. Но зато экзаменующийся знал, что он избавлен от всяких экзаменационных случайностей и что знание его будет оценено по всей справедливости. К своим профессорским обязанностям Федор Алексеевич относился с чрезвычайной добросовестностью. Всякое представленное ему сочинение он прочитывал с полным вниманием, всякую справку, за которой к нему обращался ученик, он старался навести, посвящая иногда несколько часов, чтобы разыскать в своей библиотеке нужную студенту книжку»**
- Ф.А. Слудский эпизодически проводил со студентами семинарские занятия на решение задач механики, что было впервые в преподавании этой дисциплины.

## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- В **1869** г. Ф.А. Слудский был назначен **ординарным профессором**.
- В 1886 г. по выслуге 25 лет Ф.А. Слудский вышел в отставку и сосредоточил свое внимание на вопросах геодезии. При этом в продолжение четырех лет, в качестве приват-доцента, он вел два лекционных курса «О вращении небесных тел» и «О фигуре Земли».
- В 1890 г. он был вновь назначен ординарным профессором, и ему было присвоено почетное звание Заслуженного профессора Московского университета. С этого времени Ф.А. Слудский начал читать курс по высшей геодезии, который издал в 1894 г. под названием «Лекции по высшей геодезии».

## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- В 1888-1891 гг. он был директором Московского Александровского коммерческого училища.
- Около двух лет (с 17 декабря 1891 г. по 2 ноября 1893г.) Ф.А. Слудский был деканом физико-математического факультета Московского университета, летопись которого не зафиксировала каких-либо значительных событий, требовавших участия декана.
- В период с 1865 г. по 1886 г. ученые труды Ф.А. Слудского в основном были посвящены механике, хотя и за это время он нередко делал экскурсии в область высшей геодезии, возвращаясь к своей любимой теме — о силе земного притяжения.

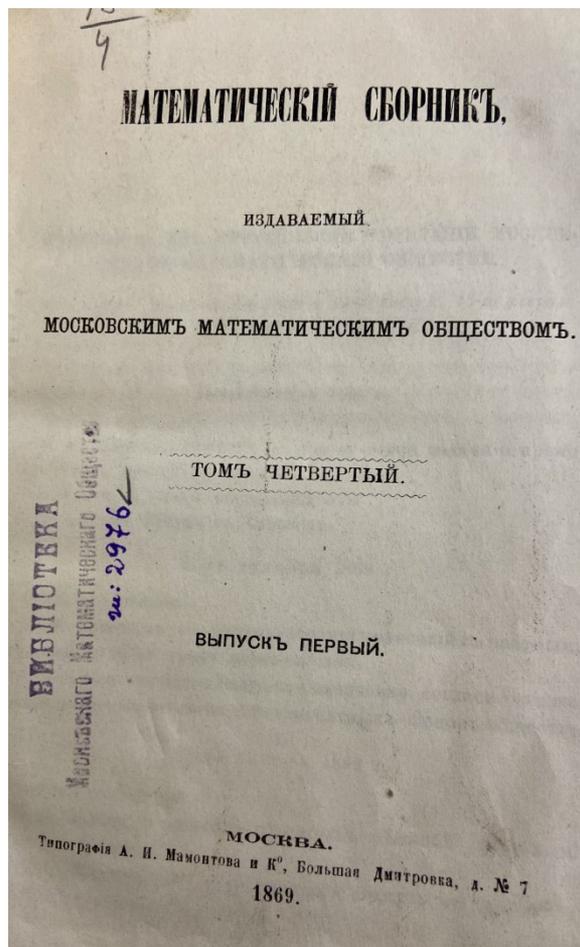
## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- В 1886 г. Ф.А. Слудский стал вице-президентом, а в 1890 г. президентом Московского Общества испытателей природы. В бюллетенях этого общества он напечатал большинство своих исследований по физике Земли и местной аттракции. Одновременно в «Математическом сборнике» Московского математического общества он опубликовал свой фундаментальный труд «Общая теория фигуры Земли». За это сочинение, вместе с другими работами по геодезии, в 1893 г. Русское географическое Общество присудило ему свою высшую награду — Константиновскую медаль. Этот акт был воспринят Ф.А. Слудским с большим удовлетворением. В нем он увидел справедливую оценку своих многолетних трудов, составляющих главный интерес его научной деятельности.
- В 1891 г. Ф.А. Слудский был избран в члены Императорского Географического Общества.

## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- Особое место в творчестве Ф.А. Слудского занимала проблема, связанная с **принципом наименьшего действия**. Н.Е. Жуковский отмечает, что Ф.А. Слудский (ученик Брашмана и Давидова) «был носителем идей Лагранжа и М.В. Остроградского и с особенным удовольствием излагал в его духе статью об отрицательных моментах и о начале наименьшего действия». Работы Ф.А. Слудского значительно проясняют этот вопрос.

# Ф.А.Слудский (1841-1897)



Наряду с Брашманом Давидов явился создателем Московской школы аналитической механики, к которой принадлежали многие выдающиеся ученые: М. Ф. Окатов, Ф. А. Слудский, В. Я. Цингер, Н. Е. Жуковский, С. А. Чаплыгин и др. Жуковский писал: «Широта анализа М. В. Остроградского отразилась на работах А. Ю. Давидова, удостоенных премии Демидова. Мой высокопочтимый учитель Ф. А. Слудский (ученик Брашмана и Давидова) был носителем идей Лагранжа и М. В. Остроградского. На лекциях он часто вспоминал М. В. Остроградского и с особенным удовольствием излагал в его духе статью об отрицательных моментах и о начале наименьшего действия»<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Жуковский Н. Е. Собр. соч., т. 7. М.—Л.: Гостехиздат, 1950, с. 222.

## Ф.А.Слудский (1841-1897)

- При изложении **принципа наименьшего действия** Лагранж оставил открытым вопрос о том, варьируется ли время при вычислении вариации действия или нет. На основании этого **Н.Д. Брашман в «Теоретической механике» (1859) считал принцип наименьшего действия неверным.**
- Работа Ф.А. Слудского (так же, как и работы других механиков: И.Д. Соколова, И.И. Сомова, М.И. Талызина) **дала полное решение спорного вопроса.** Анализ возражений М.В. Остроградского и К. Якоби показал, что **принцип наименьшего действия Эйлера-Лагранжа и принцип Гамильтона-Остроградского не исключают друг друга, а выражают различные свойства механического действия.**
- Этот вопрос подробно разобран Ф.А. Слудским в статьях, напечатанных в «Математическом сборнике», а также в «Курсе теоретической механики»

- Вывод Ф.А. Слудским уравнений движения из принципа наименьшего действия представляет собой распространение этого принципа на случай, когда координаты точек не являются независимыми, а удовлетворяют уравнениям связей. Он внес ясность в этот вопрос, выделив изохронные и полные вариации координат.
- Дело в том, что в принципе Гамильтона вариации координат изохронны и время не варьируется, так как каждой точке действительной траектории ставится в соответствие точка на другой бесконечно близкой кривой, причем обе точки проходятся в один и тот же момент времени. В случае же принципа Эйлера-Лагранжа связи стационарны и имеет место закон живых сил  $T = U + h$ . При этом допущении время должно варьироваться.

- Ф.А. Слудский получил уравнение движения для системы материальных точек, рассматривая полную вариацию интеграла действия. Вычисление условного экстремума интеграла действия Слудский сводит к вычислению безусловного экстремума по способу неопределенных множителей Лагранжа, причем неопределенный множитель  $\lambda$  определяется с помощью уравнений, относящихся к пределам интеграла. Свой вывод он распространил на случай, когда координаты точек системы не являются независимыми, а удовлетворяют уравнениям связей; кроме того, он четко выделил изохронные и полные вариации координат.

- Говоря о научной деятельности ученого, можно сказать, словами *Н.Е. Жуковского*, что **«Ф.А. Слудский был по характеру аналитиком, его главной задачей в научных исследованиях всегда являлось решение определенных задач механики, что сказалоь во многих из его сочинений... Мне кажется, что девиз – *решение определенных реальных задач механики*, явился руководящим для большинства учеников Московской школы теоретической механики»**