

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ****ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ ЛЕРМАНТОВ****Я. С. Малахов**

Русскую физику конца XIX и начала XX века представляли такие выдающиеся физики-экспериментаторы, как М. П. Авенариус, А. Г. Столетов, П. Н. Лебедев, физики-теоретики Н. А. Умов, Б. Б. Голицын, физики-педагоги И. И. Боргман, О. Д. Хвольсон. Среди физиков-педагогов видное место принадлежит одному из создателей физической лаборатории Петербургского университета Владимиру Владимировичу Лермантову, 110-летие со дня рождения которого недавно исполнилось.

Владимир Владимирович Лермантов родился 15 ноября (3 ноября ст. ст.) 1845 г. в Петербурге в семье отставного генерала, героя Отечественной войны 1812 г.*). Семья Лермантовых принадлежала к прогрессивно настроенным кругам русского общества; это сказалось и на взглядах Владимира Владимировича.

С 1863 по 1868 г. он учился на физико-математическом факультете Петербургского университета, который и окончил со степенью кандидата (с дипломом 1-й степени). Вскоре после окончания университета В. В. Лермантов по представлению Ф. Ф. Петрушевского был избран на должность ассистента физической лаборатории. В этой должности В. В. Лермантов состоял до последних дней своей жизни. Скончался В. В. Лермантов в Петербурге 4 января 1919 г.

В 1865 г. Ф. Ф. Петрушевским впервые в России (и ранее, чем где-либо за границей) была организована при Петербургском университете учебная физическая лаборатория. Со временем рядом с учебной возникла и научно-исследовательская лаборатория. Развитие этих лабораторий к концу XIX века закончилось образованием физического института. Введение лабораторных занятий по физике для студентов

*) Владимир Владимирович Лермантов приходился двоюродным племянником поэту М. Ю. Лермонтову.

представляло собой важную реформу во всей системе университетского преподавания физики. Учебная физическая лаборатория Петербургского университета сыграла очень большую роль в деле подготовки кадров физиков, обладающих навыками физического экспериментирования. Многие из них стали выдающимися деятелями русской науки, в особенности в областях практического приложения физики: в электротехнике, радиотехнике, оплотехнике, практической метеорологии. Среди питомцев Петербургского университета, прошедших обучение в физической лаборатории, встречаются хорошо известные имена Н. Г. Егорова, Н. А. Гезехуса, И. И. Боргмана, О. Д. Хвольсона, П. И. Броунова, Н. П. Слугинова, А. С. Попова, А. И. Садовского, М. А. Шателена, А. Л. Гершуна, В. К. Лебединского, В. Ф. Миткевича, Б. Л. Розинга, Д. С. Рождественского, Б. П. Вейнберга и многих других.

История развития физической лаборатории Петербургского университета неразрывно связана с именем В. В. Лермантова. Ему принадлежит выдающаяся роль в организации деятельности лаборатории в последней трети XIX и в первые годы XX века. Особое приращение к мастерству, обширные практические навыки в прикладных ремёслах, солидные университетские знания по физике и математике, энциклопедические сведения по вопросам физического эксперимента и конструирования приборов — все эти качества благоприятно сочетались у В. В. Лермантова. И он все свои знания, всю свою жизнь посвятил делу развития и совершенствования физической лаборатории, делу обучения студентов методам экспериментирования, делу распространения физических знаний в России.

В. В. Лермантов сконструировал более 100 различных учебных и демонстрационных приборов, которые использовались в учебной лаборатории и для демонстраций на лекциях. Многие его приборы получили распространение в физических лабораториях других учебных заведений, а часть этих приборов используется и поныне. Приборы В. В. Лермантова неоднократно экспонировались на выставках физических приборов, при научных съездах в России и за границей. На выставке I конгресса электриков в 1881 г. в Париже В. В. Лермантову была присуждена серебряная медаль.

В создании приборов для учебных занятий, в организации самих занятий В. В. Лермантову, как и другим сотрудникам лаборатории, пришлось идти самостоятельным путём. Образцов, которым можно было бы следовать, не было, учебные лаборатории только возникали. Однако В. В. Лермантов постоянно интересовался вопросами организации учебных занятий в иностранных лабораториях, устройством и оборудованием их.

В. В. Лермантов принимал самое живое участие и в создании приборов для исследовательских работ. Можно с уверенностью сказать, что ни одно экспериментальное исследование, выполнявшееся в физической лаборатории, начиная с работ Н. А. Гезехуса и

Н. Г. Егорова (70-е годы) и кончая первыми работами Д. С. Рождественского (начало XX века), не обошлось без консультации В. В. Лермантова и его прямого содействия в изготовлении приборов. Он как бы стоял у колыбели научных исследований физиков Петербургского университета своего времени.

Свой богатый опыт обращения с приборами, свои знания ремесла В. В. Лермантов стремился передать другим. Особое внимание при этом он обращал на сообщение условий, которые необходимы для осуществления того или другого приёма. В 1892 г. В. В. Лермантов (совместно с Д. И. Дьяконовым) издал «Руководство к обработке стекла на паяльном столе». Эта книга представляет собой классическое практическое руководство. В России книга выдержала три издания (последнее в 1924 г.). В 1895 г. появился немецкий перевод книги, хотя в те времена Германия считалась ведущей страной в производстве и обработке стекла.

Практическому применению различных ремёсел и вопросам конструирования приборов посвящён ряд книг и многие статьи В. В. Лермантова.

Отдав себя всецело физической лаборатории В. В. Лермантов не вёл систематических научных исследований. Однако ему принадлежит ряд важных наблюдений и теоретических высказываний.

В 70-х годах В. В. Лермантов разработал теорию процесса фотографического проявления и химического действия света. Она была изложена в статьях «О фотографическом процессе» (1877) и «О химическом и фотографическом действии света» (1879), опубликованных в «Журнале Русского физико-химического общества», и некоторых других. Эта теория намного опередила своё время, была впоследствии полузабыта и лишь в наше время нашла должную оценку¹.

На основании ряда опытов В. В. Лермантов пришёл к выводу, что в процессе фотографического проявления происходит гальваническое осаждение серебра, обусловленное молекулярными гальваническими элементами. Последние, по мнению Лермантова, состоят из частиц железного купороса, азотно-серебряной соли проявителя и частиц металлического серебра чувствительного слоя, выделенных действием света. Такие молекулярные элементы осаждают серебро азотно-серебряной соли на серебро, существующее в светочувствительном слое.

В 1882 г. ассистент физической лаборатории Н. Н. Хамонтов рядом опытов по определению электродвижущих сил элементов, составленных из проявителей с различным относительным содержанием проявляющего вещества, подтвердил электрохимическую (гальванопластическую) теорию В. В. Лермантова.

Скрытое фотографическое изображение, по глубокому убеждению В. В. Лермантова, состоит из металлического серебра. Уже в те годы он считал, что образование центров скрытого фотографического

изображения происходит не только на поверхности, но и в глубине кристаллов бромистого и иодистого серебра.

Упомянутые взгляды В. В. Лермантовым были высказаны за 15—20 лет до высказывания подобных взглядов зарубежными физико-химиками. Историческая справедливость требует считать В. В. Лермантова одним из видных предшественников современной теории фотографических процессов.

Химическое действие света на вещество В. В. Лермантов объяснял локальным нагреванием отдельных частиц поверхностного слоя вещества вследствие передачи этим частицам энергии светового луча. Эти представления В. В. Лермантова явились ступенькой в историческом развитии научного объяснения воздействия света на вещество и были использованы его современниками.

В середине 90-х годов В. В. Лермантов заинтересовался вопросами определения твёрдости тел. Этот интерес был вызван его опытами по закалке стальных инструментов. При этом он обратил внимание на то, что употреблявшиеся в то время способы определения твёрдости (склерометрический по минералогической шкале Мооса и абсолютный, разработанный по идеям Герца Ауербахом и Бринелем) дают характеристики совершенно различных свойств вещества.

Исходя из того факта, что в практике о твёрдости тела судят по обрабатываемости материала, В. В. Лермантов считал, что в качестве меры степени твёрдости следует принимать аботу, необходимую для превращения единицы массы вещества в порошок. Этот метод определения твёрдости, представляющий собой одну из разновидностей абразивного метода, впервые разработанного ещё М. В. Ломоносовым, и в наше время является одним из возможных способов определять твёрдость по обрабатываемости тела в тех или иных условиях.

Интересно отметить, что опыты по закалке стальных инструментов привели В. В. Лермантова к открытию нового способа закалки стали, дававшего поразительные результаты. Так, например, стальными лезвиями перочинных ножей, закалёнными этим способом, можно было легко писать на стекле. Длительное время этот способ закалки В. В. Лермантов держал в секрете, но впоследствии через знакомого инженера, повидимому, передал на Уральские заводы.

В. В. Лермантов не только знал много секретов мастерства, но и пытался давать им физическое объяснение. В 1913 г., например, он сделал попытку объяснить физические процессы, происходящие при сжимании металлической стружки быстрорежущей сталью.

Круг научных интересов В. В. Лермантова был весьма широк: физика, химия, метеорология, педагогика, научные вопросы ремесла и лабораторной практики, история физики. Однако основная его деятельность, составившая содержание всей его жизни, несомненно, относится к области конструирования приборов и совершенствования деятельности физической лаборатории Петербургского университета.

Преподавательская деятельность В. В. Лермантова проходила на физико-математическом факультете Петербургского университета; главным образом это было руководство практическими занятиями студентов в лаборатории.

Начав свою деятельность ассистентом, В. В. Лермантов после 35 лет службы в этой должности в 1904 г. был отчислен из штата, фактически же, оставаясь внештатным ассистентом, он продолжал свои занятия со студентами до 1914 г. Не оставляя должности ассистента, В. В. Лермантов с осени 1894 г. приступил к чтению приват-доцентского курса «Введение к практическим занятиям по физике», который и читал ряд лет.

В. В. Лермантову принадлежит заслуга составления прекрасного руководства к физическому практикуму студентов — «Объяснений практических работ по физике». Выработанные на основании многолетнего опыта, эти «Объяснения» длительное время служили учебным пособием и неоднократно переиздавались.

Много внимания уделял В. В. Лермантов и вопросам методики физики. Основным его трудом в этом направлении является «Методика физики», изданная в 1907 г.

Как и крупные физики-педагоги того времени — О. Д. Хвольсон и И. И. Бергман, — В. В. Лермантов много внимания уделял вопросам преподавания в средней школе.

Многолетнее руководство лабораторными занятиями позволило В. В. Лермантову хорошо ознакомиться с результатами преподавания в средней и высшей школе своего времени. Постоянное же соприкосновение с мастерскими, ремесленниками, техниками, инженерами, т. е. с людьми, применяющими знания в практической деятельности, да и собственная технико-конструкторская деятельность в лаборатории дали ему возможность отчетливо выявить, какие знания требуются в практической жизни. В результате он выработал свою оригинальную систему взглядов на преподавание.

Основой педагогических взглядов В. В. Лермантова, во многих отношениях близких к идеям политехнического обучения детей в школах, осуществляемых в наше время, является мысль о том, что знания прежде всего должны иметь прикладной характер, что обучать следует тому, что необходимо в жизни, в практической деятельности человека. Долгое время В. В. Лермантов не выступал в печати со своими взглядами на цели и методы обучения. Первой книгой, в которой были применены его педагогические взгляды, явился изданный им «Курс применимо алгебры» (1900). Взгляды В. В. Лермантова были встречены неодобрительно официальными педагогическими кругами того времени. Но среди передовой педагогической общественности, в частности со стороны Д. И. Менделеева, они встречали поддержку.

Хотя В. В. Лермантов и являлся ярким представителем новых педагогических идей, однако его взгляды не лишены некоторых

отрицательных черт (мысль о разделении детей на способных и неспособных, а в этой связи и о раздельном их обучении, отрицательное отношение к самообразованию и др.).

Общественно-научная деятельность В. В. Лермантова выражалась прежде всего в активном участии его в работе Физического общества (а затем Физического отделения РФХО), организованного в 1872 г. при Петербургском университете. В. В. Лермантов — один из организаторов Физического общества; его подпись стоит под проектом устава общества.

Почти на каждом заседании Физического отделения В. В. Лермантов выступал с различными сообщениями, которые всегда были интересны и слушались с большим вниманием.

На протяжении многих лет В. В. Лермантов избирался на должность делопроизводителя (учёного секретаря) общества (1874—1877), казначея отделения физики (1878—1906), членом Совета отделения физики и членом Совета всего РФХО. Деятельное участие принимал В. В. Лермантов в многочисленных комиссиях физического отделения.

Выдающаяся роль принадлежит В. В. Лермантову в организации выставок физических приборов, устраивавшихся при физической лаборатории университета во время работы съездов русских естествоиспытателей и врачей в Петербурге.

Большой и разнообразной была и научно-публицистическая деятельность В. В. Лермантова. Его перу принадлежит ряд научных статей и многочисленные рефераты иностранной научной литературы, помещённые в журнале РФХО. В энциклопедическом словаре Брокгауза и Эфрона, одном из лучших дореволюционных словарей подобного типа, В. В. Лермантов напечатал свыше 50 крупных статей по вопросам физического оборудования и разным ремёслам («Гигрометры и гигроскопы», «Гранильное мастерство», «Динамометр», «Кузнечное ремесло», «Манометры» и др). Во французском физическом журнале «Journal de Physique» В. В. Лермантов поместил много рефератов о работах русских физиков. Им опубликован: ряд статей методического характера, рецензии на учебники физики, описания различных приборов, статьи по истории физики.

В. В. Лермантов имел обширный круг знакомых, пользовался заслуженным авторитетом и уважением в среде учёных, техников, инженеров и ремесленников. Среди его друзей встречаются имена знаменитых русских учёных: П. Л. Чебышева, Д. И. Менделеева, П. Н. Лебедева, Н. Г. Егорова и многих других.

Как и многие естествоиспытатели того времени, В. В. Лермантов по своим взглядам принадлежал к сторонникам механического материализма.

Всей своей глубоко патриотической деятельностью В. В. Лермантов внёс большой вклад в развитие русской дореволюционной физики.

ЛИТЕРАТУРА О В. В. ЛЕРМАНТОВЕ

1. Ю. Ш. Мошковский. Теория фотографического процесса В. В. Лермантова, журнал «Успехи химии», вып. 3, 360 (1952).
2. А. С. Енохович, Владимир Владимирович Лермантов (к 30-летию со дня смерти), журнал «Физика в школе», № 1, 92—96 (1949).
3. Я. С. Малахов, История кафедры физики Петербургского университета во II половине XIX века (1865—1900 гг.), диссертация, ЛГУ, 1954.

СПИСОК РАБОТ В. В. ЛЕРМАНТОВА[*]

1869 г.

1. Об элементе Бунзена с хромовой кислотой при угле (сочинение на степень кандидата).

1874 г.

2. О точности угломерного приёма Поггендорфа — Гаусса. ЖРФХО, т. 6, вып. 2, стр. 46, 47.

1877 г.

3. О фотографическом процессе. ЖРФХО, т. 9, вып. 7, стр. 296 — 301.
4. О способах Г. К. Брауэра для изготовления и проверки точных весов, ЖРФХО, т. 9, вып. 9 стр. 326 — 335.
5. Два гальванометра с воздушными успокоителями Теплера. ЖРФХО, т. 9, вып. 9, стр. 336 — 339.

1878 г.

6. О калибровании термометров. ЖРФХО, т. 10, вып. 9, стр. 244 — 250.

1879 г.

7. О химическом и фотографическом действии света. ЖРФХО, т. 11, вып. 1, стр. 3 — 11; вып. 4, стр. 34 — 43.

1884 г.

8. Шихтмейстер И. И. Ползунов и машина, построенная им в 1763 г. в г. Барнауле. ЖРФХО, т. 16, часть физич., вып. 5, стр. 263 — 266.

1886 г.

9. Геометрический вывод условия наименьшего отклонения луча в призме. ЖРФХО, т. 18, часть физич. вып. 1, стр. 12 — 14.

1887 г.

10. Как пользуются термометрами в Международном бюро мер и весов. ЖРФХО, т. 19, часть физич., отд. 2, вып. 8, стр. 51 — 67.
11. Об опытах, сопровождающих преподавание физики. Журнал «Вестник опытной физики и элементарной математики», т. 3, стр. 241 — 247.
12. Объяснение практических работ по физике. Первое издание, литографированное, СПб, литогр. Ф. Кремера, 1886 — 1887 гг. (2-е издание, лито-

*) Настоящий список работ В. В. Лермантова не претендует на исчерпывающую полноту, однако является наиболее полным среди опубликованных прежде.

графированное, СПб, литогр. Яздовского, 1877 — 1888 гг. и СПб, литогр. Ф. Кремера, 1888 г.; 3-е издание, СПб, типолитогр. С. Ф. Яздовского, 1890 — 1891, 1892 гг.; 4-е издание, СПб, картограф. завед. Д. Руднева, 1895 г. и СПб, тип. Я. А. Копелиовича, 1897 г.; 5-е издание, СПб, 1901 г.) *).

1890 г.

13. Об увеличении, которое дают разные приборы для измерения малых углов по отражению луча света. ЖРФХО, т. 22, часть физич., вып. 8, стр. 261 — 264.

1892 г.

14. (Совм. с Д. И. Дьяконовым) Руководство к обработке стекла на паяльном столе. СПб (2-е издание, СПб, К. Л. Риккер, 1911; 3-е издание, Госиздат, 1924; немецкий перевод в 1895 г., Фридлендер, Берлин).

1895 г.

15. Вступительная лекция вводного к практическим занятиям курса физики, читанного приват-доцентом В. Лермантовым в СПб университете в 1894 — 1895 гг. Одесса. Центр. типография. (Отд. оттиски из журнала «Вестник опытной физики и элементарной математики», т. 18, стр. 89 — 93.)

1900 г.

16. Курс применимой алгебры. СПб, типогр. Ю. М. Эрлиха, 1900 (2-е издание, СПб, К. Л. Риккер, 1911).
17. Конспект введения к курсу практической физики, читанного гг. студентам I семестра Отделения математических наук Имп. СПб университета осенью 1899 г. СПб, литографированное издание Д. М. Руднева.

1901 г.

18. Оригинальные приборы физического кабинета С.-Петербургского университета. Журнал «Физическое обозрение», т. 2, стр. 39 — 42, стр. 263 — 268.
19. Каких результатов можно требовать от преподавания элементарной алгебры и как её следует излагать. Журнал «Вестник опытной физики и элементарной математики», Одесса, т. 25, стр. 82 — 87, 108 — 113.

1902 г.

20. Прибор Гикса для уяснения на опыте принципа сохранения количества движения. ЖРФХО, т. 34, часть физич., вып. 7, стр. 367 — 369.

1903 г.

21. Объяснения практических работ по физике для начального курса обоих отделений физико-математического факультета С.-Петербургского университета. Вып. I, СПб, типогр. П. В. Мартынова (вып. II, изд. К. Л. Риккера, 1908; вып. III, изд. К. Л. Риккера, 1912; вып. I — II, изд. 2-е, К. Л. Риккер, 1908 — 1909).

1904 г.

22. Высшая математика для нематематиков. Дополнит. выпуск I (к «Объяснениям практических работ по физике»). СПб, изд. К. Л. Риккера.

*) Все издания разнятся между собой. Каждое последующее издание является более полным и совершенным.

23. Воспоминания о П. П. Фан-дер-Флите. ЖРФХО, т. 36, часть физич., вып. 7, стр. 231 — 237.
24. Исторический очерк развития физической лаборатории при С.-Петербургском университете (в сборнике статей по физике, посвященном памяти Ф. Ф. Петрушевского), стр. VII — XVI.
25. Давно испробованный, но ещё неизвестный способ для определения внутреннего сопротивления гальванических элементов и вообще электролитов (в сборнике статей по физике, посвященном памяти Ф. Ф. Петрушевского), стр. 155 — 161.

1905 г.

26. Какая система образования нужна нам в настоящее время. Педагогический сборник, 1905, январь, стр. 1 — 27; февраль, стр. 157 — 172; март, стр. 271 — 294.

1906 г.

27. Дождевая линия Пиацци-Смита в спектре и цвете облаков. Метеорологический вестник, 1906, № 1 — 2, стр. 322 — 324.
28. Простейший прибор для демонстрации расширения при нагревании. Журнал «Физическое обозрение», т. 7, стр. 173 — 174.
29. Об определении твёрдости тел. ЖРФХО, т. 38, часть физич., вып. 1, стр. 82 — 85.
30. Современное состояние вопроса об определении твёрдости тел. ЖРФХО, т. 38, часть физич., вып. 2, стр. 17 — 21.
31. Что такое закон Бойля — Мариотта. Педагогический сборник, 1906, стр. 163 — 171.
32. Физика в высших и средних учебных заведениях. Журнал «Русская школа», № 2, стр. 150 — 166.
33. Alexandre Stepanowitsch Popoff. Nécrologe. ЖРФХО, т. 38, часть физич., вып. 1, стр. 31 — 33.

1907 г.

34. К теории миража. Труды 1-го Менделеевского съезда. Химия. СПб 1907 (1909), стр. 382 — 383.
35. Явления миража в наших местах. Метеорологический вестник, 1907 т. 17, стр. 281 — 283.
36. Методика физики и содержание приборов в исправности. Второй дополнит. выпуск к «Объяснениям практических работ по физике». СПб, К. Л. Риккер (2-е издание, Госиздат, 1922 — 1923 гг. 3-е, издание, Госиздат, 1924 г.; 4-е издание, Госиздат, 1935 г.).
37. Опыты Д. И. Менделеева над свойствами газообразных тел. ЖРФХО, т. 39, часть физич., вып. 4, стр. 95 — 102.

1908 г.

38. Ртутные термометры за время с 1892 по 1907 г. ЖРФХО, т. 40, часть физич., вып. 8.
39. Статистическая работа живых двигателей, ЖРФХО, т. 40, часть физич., отд. 2, вып. 7, стр. 298 — 300.

1909 г.

40. Морские миражи при устье р. Наровы летом 1907 г. Записки по гидрографии, 30, стр. 1 — 5.
41. Прибор для моментов сил. Журнал «Физическое обозрение», т. 10 стр. 161 — 163.
42. О том, как машины работают и как рассчитывают их действие. М., т-во И. Д. Сытина (2-е издание, Госиздат, 1922 г.; 3-е издание, пересмотренное Н. Н. Андреевым, Госиздат, 1923 г.; 4-е издание, пересмотренное М. и С. Жарковыми, Госиздат, 1925 г.).

1910 г.

43. Несколько новых демонстративных и лабораторных приборов для преподавания элементарной физики. ЖРФХО, т. 42, часть физич., отд. 2, вып. 7, стр. 268 — 276.

1911 г.

44. Бронзировка металлов. СПБ, Г. В. Гольстен.

1912 г.

45. Мои воспоминания о Евгении Александровиче Роговском. ЖРФХО, т. 44, часть физич., вып. 2, стр. 67 — 68.
46. Физические приборы Ломоносова и его «морской барометр» в модернизированном виде. ЖРФХО, т. 44, часть физич., отд. 2, вып. 5, стр. 196 — 199.

1914 г.

47. Обзор некоторых современных русских учебников физики. ЖРФХО, часть физич., т. 46, отд. 2, вып. 7 — 8, стр. 248 — 260.
48. Пятидесятилетие практических занятий по физике в Петроградском университете (1865 — 1915). Журнал Министерства народного просвещения, 1914, декабрь, стр. 62 — 66.

1915 г.

49. Воспоминания (о Боргмане). ЖРФХО, т. 47, часть физич., отд. 2, вып. 1, стр. 24 — 26.
50. Цели и средства преподавания физики при помощи собственных опытов учеников. ЖРФХО, т. 47, часть физич., отд. 2, вып. 8, стр. 268 — 300.
51. Как топить печи, чтобы меньше выходило дров. Пгр., тип. «Труд».
52. Применимая геометрия, основанная на опыте. Пгр., изд-во «Новое время».
53. Что нужно знать для успеха работ начинающим изучать ручной труд в школе. 1915 — 1916 гг. Вып. I — III, Пгр., автор при пособии от Рос. об-ва педагогич. ручного труда.

В. В. ЛЕРМАНТОВЫМ НАПИСАНЫ ТАКЖЕ:

1. Изложение математики, физики и химии в энциклопедическом сборнике «Наука для всех» под ред. Л. П. Нечаева, 1914 г.
2. Статьи в энциклопедическом словаре Брокгауза и Эфрона.
3. Статьи в журналах «Русская школа», «Педагогический сборник», «Вестник, опытной физики и элементарной математики», «Вестник самообразования» и др.
4. Рефераты по иностранной научной литературе в ЖРФХО.
5. Рефераты по русской научной литературе в Journal Physique.