ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1937
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Classe des sciences mathématiques et naturelles
Отделение математических и естественных наук

Д. И. БЛОХИНЦЕВ, М. А. ЛЕОНТОВИЧ, Ю. Б. РУМЕР, И. Е. ТАММ, В. А. ФОК, Я. И. ФРЕНКЕЛЬ

О СТАТЬЕ Н. П. КАСТЕРИНА «ОБОБЩЕНИЕ ОСНОВНЫХ УРАВНЕНИЙ АЭРОДИНАМИКИ И ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ»

Академией Наук в 1937 г. опубликована отдельным изданием статья Н. П. Кастерина «Обобщение основных уравнений аэродинамики и электродинамики». По предложению Физической группы Академии Наук и Ученого совета Физического института мы детально рассмотрели эту работу и печатаем здесь подробный ее разбор.

Прежде чем переходить к анализу статьи Н. П. Кастерина, мы должны отметить некоторые ее особенности, в известной мере затрудняющие этот анализ. Автор с самого начала оговаривает, что его сообщение носит предварительный характер, и неоднократно это подчеркивает в дальнейшем. От предварительного сообщения мы должны были бы ожидать краткого по форме, но полного по содержанию изложения основных идей и методов исследования, с указанием тех конкретных допущений, которые положены автором в основу его рассуждений. К сожалению ничего подобного мы не находим в статье Н. П. Кастерина. В ней не только опущены доказательства, но не указан даже в общих чертах ход рассуждений, приведших его к уравнениям, которые он называет основными.

Тем не менее статья содержит материал, совершенно достаточный для вынесения вполне определенного, а именно отрицательного, суждения об изложенной в ней теории. В самом деле, для доказательства несостоятельности физической теории совершенно достаточно показать внутреннюю противоречивость ее основных уравнений (каким бы путем они ни были получены) и убедиться в противоречии данной теории с опытом. Это и будет сделано в нашем разборе. Кроме того нам придется попутно отмечать отдельные неверные утверждения и математические ошибки автора, которые встречаются столь часто, что составляют бóльшую часть содержания его статьи. В виду обилия такого рода ошибок разбор их займет значительное место и в нашем анализе. Необходимо при этом помнить, что эти ошибки не являются второстепенными, допускающими исправление погрешностями, а органически связаны с ошибочностью основных положений и основных уравнений разбираемой статьи.

1. Общие исходные положения статьи

Автор ставит своей задачей обобщить основные уравнения аэро- и электродинамики, а также связать их друг с другом. Сообразно этому содержание статьи распадается на часть аэродинамическую и часть электродинамическую, причем к последней примыкает рассмотрение структуры и свойств элементарных частиц.

Формулируя задачу своей статьи — обобщение основных уравнений аэродинамики и электродинамики, автор ведет изложение так, как будто он впервые указывает на приближенный характер уравнений Эйлера и Максвелла. Так например, он говорит, что «Современная теоретическая физика... допускает tacito consensu, что уравнения Максвелла абсолютно точны» (стр. 3).

Это утверждение совершенно неверно. Если ограничиться даже только электромагнитным полем в вакууме (что неявно делается автором), то приближенность уравнений Максвелла в настоящее время не только общепризнана, но, более того, совершенно ясны критерии применимости этих уравнений. Что же касается предложенных обобщений уравнений Максвелла, то достаточно указать на нелинейную электродинамику Гейзенберга и Эйлера или Борна и Инфельда, на квантовую электродинамику, выросшую в целую дисциплину, наконец на электродинамику общей теории относительности. Обобщению же основных уравнений аэродинамики и выяснению критериев их приложимости посвящены классические исследования Больцмана, Лоренца, Гильберта и ряда других авторов. Все эти исследования либо неизвестны Н. П. Кастерину либо полностью им игнорируются.

При обобщении аэро- и электродинамики автор руководствуется, во-первых, «фактом прерывности строения и газа и электрического поля» (стр. 4) и, во-вторых, допущением, что критерием применимости уравнений Эйлера и Максвелла является достаточная малость некоторых вполне определенных указываемых автором величин.

Что касается необходимости учета прерывности строения (атомизма) газа, то это положение является в настоящее время тривиальным и лежит в основе как кинетической теории газов, так и упоминавшихся выше классических исследований по обоснованию аэродинамики. Мы увидим однако в дальнейшем, что, хотя автор и ссылается на атомизм газа, тем не менее его обобщение не имеет ничего общего с действительным учетом атомизма.

Прежде всего важнейшим проявлением атомизма является вязкость газов, играющая столь существенную роль в аэродинамических явлениях. Между тем автор в своих уравнениях игнорирует вязкость газов, вовсе не затрагивая при этом вопроса о сравнительной величине и роли, с одной стороны, вязкости и, с другой стороны, усматриваемых им новых проявлений атомизма. Далее, аэродинамические уравнения автора не содержат никаких величин, характеризующих атомистическое строение газа (время свободного пробега, число молекул в 1 см^3 и т. п.), и стало быть никак не могут учитывать особенности этого строения. К этому вопросу мы еще возвратимся в дальнейшем.

Что же касается утверждения автора, что «прерывность электрического поля устанавливается существованием элементарного электрического заряда—электрона» (стр. 4), то оно совершенно неверно, как это явствует хотя бы из того, что например в классической электронной теории атомизм заряда и непрерывность поля сочетаются в одно стройное целое.

Не только это единственное приведенное автором обоснование прерывности поля неверно, но и вообще нет никаких оснований говорить о прерывности электрического поля в том смысле, как эта прерывность понимается автором; наоборот, есть все основания отрицать такого рода прерывность.

Переходя ко второй группе исходных положений автора, приходится констатировать, что автор руководился при построении своей теории совершенно ошибочными критериями применимости классической аэро- и электродинамики.

Так, он считает критерием применимости классических уравнений аэродинамики «отношение квадрата скорости движения газа к квадрату скорости звука в нем: v^2/c^2» (стр. 4) и вводит в эти уравнения поправки, пропорциональные v^2/c^2. Между тем совершенно очевидно, что применимость уравнений Эйлера не может зависеть от скорости газа, поскольку скорость есть понятие относительное и значение ее зависит от выбора тела отсчета. Правильным же критерием применимости аэродинамики, как это хорошо известно из кинетической теории газов, является степень неоднородности движения газа, точнее величина произведения градиента скорости газа $\frac{\partial v}{\partial x}$ на время τ свободного пробега частиц газа: $\tau \frac{\partial v}{\partial x}$ (а также $\tau^2 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$ и т. п.) *1.

Правда, в некоторых случаях, например при рассмотрении движения газа относительно твердых тел, скажем, стенки трубы или аэроплана, этот общий критерий применимости аэродинамики практи-

*1 Заметим, что при этом автор вовсе не отрицает кинетической теории газов и, как явствует из замечания на стр. 13, считает, что его представления не только не противоречат кинетической теории, но что последняя должна даже дать возможность дальнейшего развития теории автора.

чески совпадает с критерием $\frac{v^2}{c^2} \ll 1$, однако v имеет в этих случаях вполне определенный смысл и означает скорость газа относительно трубы или аэроплана. Соответствующие обобщения аэродинамики известны, но не имеют ничего общего со статьей автора, который вовсе не рассматривает стенок и обтекаемых газом тел.

Дело вовсе не сводится просто к неудачной или недостаточно точной формулировке критерия применимости классической аэродинамики, ибо, как мы увидим в дальнейшем, не только этот критерий автора, но и его обобщенные уравнения аэродинамики противоречат галилееву принципу относительности классической механики.

Совершенно неверен также и критерий, которым руководствуется автор в вопросе о приложимости уравнений Максвелла. Согласно автору этим критерием «служит отношение квадрата напряжения магнитного поля M к квадрату напряжения электрического поля E, т. е. M^2/E^2» (стр. 4). Согласно автору уравнения Максвелла применимы лишь при условии $\frac{M^2}{E^2} \ll 1$; соответственно этому в свои обобщенные уравнения он вводит величины, пропорциональные M^2/E^2 [в уравнении (20) и последующих явно фигурирует величина ω^2, которая согласно уравнению (19) пропорциональна M^2/E^2].

Таким образом согласно Н. П. Кастерину уравнения Максвелла должны были бы быть вовсе неприменимы к чисто магнитному полю, например полю постоянных магнитов или электромагнитов.

Это утверждение автора находится в столь кричащем противоречии с основными фактами учения о магнетизме, что установления этого противоречия в сущности совершенно достаточно, чтобы признать несостоятельной всю вторую электродинамическую часть его работы.

Помимо рассмотренных исходных положений автор руководствуется в электродинамической части своей статьи следующими представлениями. Разделяя чисто механистическую точку зрения, он выдвигает гипотезу об аэродинамической природе электромагнитного эфира, считая, что к эфиру применимы обобщенные им уравнения аэродинамики и что отличие эфира от обычных газов сводится лишь к отличию в численном значении адиабатного коэффициента K ($K=2$). Автор обосновывает свою гипотезу лишь указанием на параллелизм обобщенных им уравнений аэро- и электродинамики, т. е. на параллелизм уравнений, которые, как мы увидим, явно ошибочны. Между тем гипотеза автора самым резким образом противоречит твердо установленным положениям современной физики. Мы однако не считаем нужным вдаваться в принципиальную полемику с автором по этому вопросу, ибо вне всякой зависимости от более глубоких соображений несостоятельность всей его теории может быть доказана выяснением ошибочности как только что рассмотренных исходных положений автора, так и его обобщенных уравнений, на которых базируются все его дальнейшие рассуждения.

К рассмотрению этих обобщенных уравнений мы теперь и перейдем.

2. Аэродинамика

Почти во всех своих вычислениях автор пользуется необычной координатной системой: «Я буду пользоваться превосходным приемом старинных математиков и буду применять натуральные криволинейные *ортогональные* координаты» (стр. 5, курсив наш). В применении к аэродинамике эти координаты λ, μ, ν определяются следующим образом: ось λ направлена по оси вихря, ось μ перпендикулярна плоскости, проходящей через направление вихря и направление скорости газа, ось ν перпендикулярна λ и μ.

Натуральные координаты были введены старинными математиками для описания движения материальной точки, для чего этот прием законен и целесообразен. Попытка же автора перенести этот прием в аэро- и электродинамику ошибочна.

Прежде всего записанные в «натуральных координатах» основные уравнения автора не могут быть использованы для решения какихлибо конкретных физических задач. Даже если бы можно было с их помощью выразить скорость газа в зависимости от координат λ, μ, ν и времени, все же самая форма и положение в пространстве координатных поверхностей λ, μ, ν оставались бы неопределенными, ибо они в свою очередь зависят от движения газа и, вообще говоря, изменяются во времени. Так как система уравнений автора не дает возможности установить связь между координатами λ, μ, ν и какимлибо заданным телом отсчета, то она может быть использована для описания движения газа лишь в том случае, когда характер этого движения уже определен каким-либо другим способом [*1].

Это возражение не было бы существенным только в том случае, если бы основные уравнения автора были инвариантны по отношению к произвольному преобразованию координат; тогда их с самого начала можно было бы записать в обычных координатах. Мы увидим однако, что даже в случае установившегося движения газа (т. е. в случае неподвижности осей λ, μ, ν) уравнения автора не инвариантны не только по отношению к изменению направления координатных осей, но даже и по отношению к изменению координатного масштаба.

Дальнейшая ошибка автора заключается в игнорировании хорошо известного положения векторного анализа, согласно которому поле

[*1] Не случайно поэтому, что, когда автор от общих рассуждений переходит на стр. 13 к рассмотрению конкретных форм вихревого движения, он оставляет свои натуральные координаты и переходит к обычным декартовым. При этом из текста невозможно усмотреть, каким именно образом он совершает этот переход.

произвольного вектора $\mathbf{A}$ обладает ортогональными поверхностями в том и только в том случае, если выполнено условие:

$$\mathbf{A}\,\mathrm{rot}\,\mathbf{A}=0. \tag{a}$$

В избранной автором системе координатные оси λ, μ, ν направлены соответственно по векторам $\Omega=\mathrm{rot}\ \mathbf{v}$, $[\mathbf{v},\Omega]$ и $[\Omega\ [\mathbf{v},\Omega]]$, где $\mathbf{v}$ — скорость газа. Следовательно условием существования координатных поверхностей, ортогональных этим векторам, является система уравнений:

$$\begin{gathered}\Omega\ \mathrm{rot}\ \Omega=0,\ [\mathbf{v}\,\Omega]\ \mathrm{rot}\ [\mathbf{v}\,\Omega]=0,\\ [\Omega\,[\mathbf{v},\ \Omega]]\ \mathrm{rot}\ [\Omega\,[\mathbf{v},\Omega]]=0.\end{gathered} \tag{b}$$

Так как эта система уравнений не вытекает из уравнений движения и стало быть, за изъятием частных случаев *[1], не выполняется, то координатная система, которой автор пользуется почти во всех своих вычислениях, как правило вообще не существует *[2].

Это обстоятельство весьма важно для оценки работы автора, ибо пользование «натуральными» координатами λ, μ, ν вовсе не сводится в этой работе к одному из возможных приемов вычисления, а является существенным. Во-первых, уравнения автора не инвариантны по отношению к преобразованию координат и поэтому в общей форме не могут быть записаны в обычных координатах. Далее, необычность координатной системы маскирует несостоятельность многих рассуждений автора, которая была бы совершенно очевидна при пользовании обычными координатами. В частности она маскирует тот факт, что основные уравнения автора не инвариантны даже по отношению к таким преобразованиям, при которых преобразованные координаты остаются с точки зрения данного автором определения натуральными. В качестве иллюстрации разберем подробнее один конкретный пример.

Согласно автору переход от уравнений Эйлера (3) к его уравнениям второго приближения (4) эквивалентен замене операций $\frac{\delta}{\delta\lambda}$, $\frac{\delta}{\delta\mu}$, $\frac{\delta}{\delta\nu}$ обычным дифференцированием по координатам $\left(\frac{\delta}{\delta\lambda}\right.$ означает производную по λ, взятую в предположении, что $\dot\lambda$ и $\dot\nu$ постоянны). Урав-

[1] Например случаев невихревого движения. Впрочем к случаю невихревого движения не применимо самое определение натуральных координат, данное автором, хотя он без каких-либо оговорок пользуется ими и в применении к невихревому движению [уравнения (4) и (4)].

*[2] Линии, проходящие через данную точку, перпендикулярные на всем своем протяжении к одному из указанных трех векторов, вобще говоря, не лежат на одной поверхности, а при дальнейшем продолжении заполняют конечный объем. Поэтому, хотя в каждой отдельной точке можно определить взаимно ортогональные направления λ, μ, ν (если $\mathrm{rot}\ \mathbf{v}\neq 0$), но эти векторы не связываются в единую координатную сетку. Таким образом вводимые автором в рассмотрение коэффициенты Ламэ, считающиеся при этом однозначными функциями λ, μ, ν, вообще говоря, лишены смысла.

нения (3), именуемые автором уравнениями Эйлера, в обычной записи гласят

$$\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\operatorname{grad} p, \tag{c}$$

где ρ — плотность, а p — давление газа. Таким образом обобщение автора сводится к введению в правую часть этого уравнения некоей добавочной силы, проекция которой например на ось λ, как легко убедиться, равна

$$F_\lambda = \frac{\delta}{h_1} \cdot \left(\frac{\partial}{\partial\lambda} - \frac{\delta}{\delta\lambda}\right) \left(\frac{u^2 + w^2}{2}\right), \tag{d}$$

где $u = v_\lambda$ и $w = v_\nu$, а $1/h_1$, $1/h_2$, $1/h_3$ суть коэффициенты Ламэ. При этом автор согласно его заявлению на стр. 7 остается на базе классической механики и считает отличие уравнений (4) от уравнений (3) (т. е. добавочную силу F_λ) «прямым следствием прерывности структуры газа» (стр. 6). Не говоря уже о том, что, как известно из кинетической теории, атомистическая природа газа проявлеесся в силах совершенно другого характера (прежде всего в силах вязкости), всякая сила атомистического происхождения должна зависеть от величин, характеризующих атомистическое строение газа: между тем кастеринская сила F_λ носит кинематический и притом универсальный характер. Таким образом кастеринское обобщение уравнений Эйлера лишено физического смысла. Полная несостоятельность этого обобщения особенно явственно проявляется в том, что добавочная сила F_λ вовсе не имеет какой-либо определенной величины и зависит от произвольного выбора координатного масштаба (в указанном ниже смысле). Действительно, исходя из того, что

$$u = v_\lambda = h_1 \dot{\lambda},$$
$$w = v_\nu = h_3 \dot{\nu},$$

где точка означает дифференцирование по времени, можно представить выражение (d) в следующем виде:

$$F_\lambda = \rho \left\{u \frac{\partial \dot{\lambda}}{\partial\lambda} + w \frac{h_3}{h_1} \frac{\partial \dot{\nu}}{\partial\lambda}\right\} = \rho u \left\{\frac{\partial u}{h_2 \partial\lambda} - u \frac{\partial \lg h_1}{h_1 \partial\lambda}\right\} +$$
$$+ \rho w \left\{\frac{\partial w}{h_1 \partial\lambda} - w \frac{\partial \lg h_3}{h_1 \partial\lambda}\right\}. \tag{e}$$

Если изменить масштаб по оси λ, введя вместо λ новую координату $\lambda_1 = f(\lambda)$, то значение проекций силы, как легко видеть, изменится на величину $\rho \frac{u^2}{h_1} \cdot \frac{\partial}{\partial\lambda}\left(\lg \frac{\partial f}{\partial\lambda}\right)$, зависящую от произвольной функции $f(\lambda)$.

Естественно, что добавочная сила F_λ, не инвариантная даже по отношению к изменению масштаба «натуральных» координат [*1], оказывается, как легко видеть, не инвариантной также и по отношению к более общим преобразованиям координат. В частности обобщенные уравнения автора противоречат галилееву принципу относительности классической механики, ибо сила F_λ зависит не только от градиента скорости газа, но и от абсолютного значения этой скорости.

Все эти недостатки относятся не только к подробно рассмотренным уравнениям невихревого движения (4), но и ко всем вообще уравнениям автора, в частности к уравнениям вихревого движения (9) и (11).

Итак, автор пользуется в своих вычислениях координатной системой, которой, вообще говоря, не существует; его уравнения не дают возможности определить движения газа в пространстве, они не инвариантны по отношению к изменению масштаба «натуральных координат» и не удовлетворяют галилееву принципу относительности классической механики.

Все это лишает уравнения автора какого бы то ни было физического смысла.

В виду этого выводы, полученные автором в результате применения его уравнений к конкретным вопросам, также не могут иметь физического смысла. Все же мы вкратце коснемся этих применений.

В качестве первого применения автор рассматривает невихревое движение газа вокруг цилиндрического вихря и утверждает, что уравнения Эйлера, в отличие от его собственных уравнений, приводят в этом случае к парадоксальным результатам. В частности он почему-то считает парадоксальным, что в связи с увеличением скорости газа по мере приближения к вихрю плотность и давление его убывают в соответствии с уравнением Бернулли. Между тем действительно парадоксальным является голословное утверждение автора, что на опыте наблюдается обратное.

Второе применение относится к устойчивости вихрей. При этом, с одной стороны, оказывается, что в отличие от классической теории вихри будут **неустойчивыми**, даже если не учитывать вязкость газа. С другой же стороны, автор пытается на основе той же теории путем совершенно неубедительных рассуждений объяснить существование **необычайно устойчивых** вихрей и смерчей в атмосфере, совершенно игнорируя при этом как вязкость газов, так и необходимость пользоваться в этом случае полным уравнением состояния, учитывая и приток тепла. Какая-либо оценка устойчивости вихрей полностью отсутствует, и все рассуждения о ней совершенно несостоятельны.

[*1] Заметим, что изменением масштаба мы называем здесь не тривиальное изменение единицы длины (умножение h_1 на постоянный фактор не изменяет значения производной $\frac{\partial}{\partial\lambda} \lg h_1$), а некоторую деформацию координатной системы, не изменяющую направления координатных осей.

3. Электродинамика

Автор с самого начала предполагает, что магнитное поле **M** перпендикулярно электрическому **E**, а именно он считает, что ортогональные оси λ и μ направлены соответственно по **E** и **M**. Между тем автор не может не знать, что перпендикулярность **E** и **M** имеет место лишь в частных случаях и что не только при наложении независимых постоянных полей соотношение между **E** и **M** может быть каким угодно, но например и при распространении в вакууме двух волн различного, в частности противоположного, направления **E** и **M** отнюдь не взаимно перпендикулярны. Но так как автор делает из своих рассуждений разнообразнейшие и всеобъемлющие выводы, вплоть до «решения» проблемы строения вещества, то тем самым он неявно допускает, что **E** и **M** всегда перпендикулярны. Излишне повторять, что это предположение противоречит элементарнейшим опытным фактам.

Допустим однако вместе с автором, что **E** действительно перпендикулярно **M**. Поскольку автор полагает ось λ направленной по **E**, а ось μ по **M**, то условия существования координатной системы (a), в случае газа имеющие вид (b), приобретают теперь следующий вид:

$$\mathbf{E}\operatorname{rot}\mathbf{E}=0,\ \mathbf{M}\operatorname{rot}\mathbf{M}=0,\ [\mathbf{E},\ \mathbf{M}]\operatorname{rot}\,[\mathbf{E},\ \mathbf{M}]=0. \qquad (f)$$

Эти условия, вообще говоря, не выполняются даже в случае перпендикулярности **E** и **M**, например в случае круговой поляризации электромагнитной волны. Таким образом и в электродинамике, как и в аэродинамике, автор проводит свои вычисления в координатной системе, которой, вообще говоря, не существует. Выше уже подчеркивалась важность этого обстоятельства.

Записывая уравнения Максвелла в своей координатной системе, автор делает элементарную математическую ошибку. Если, как это утверждает автор, вектор **E** направлен по оси λ, то

$$\frac{\partial\mathbf{E}}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial t}E\mathbf{l}=\mathbf{l}\frac{\partial E}{\partial t}+E\frac{\partial\mathbf{l}}{\partial t}, \qquad (g)$$

где $\mathbf{l}$ — единичный вектор по оси λ, а E — численное значение вектора **E**. Между тем автор в уравнениях (15*) (16*) сохраняет лишь первый член правой части этого выражения, не учитывая второго, тогда как направления осей λ, μ, ν по определению не являются постоянными и изменяются во времени вместе с изменением поля. Например в случае циркулярно поляризованной волны только второй член в выражении (g) и отличен от нуля. Та же элементарная ошибка делается автором и при записи выражения $\frac{\partial\mathbf{M}}{\partial t}$. Если даже считать, что $\frac{\partial\mathbf{l}}{\partial t}=0$, то все же уравнения (15*) и (16*), вопреки утверждению автора, вовсе не эквивалентны уравнениям Максвелла, ибо им пропущено уравнение

$$\frac{\partial}{\partial \lambda}(h_2 M)=0.$$

Совершенно неверно утверждение, что из обычного уравнения $\operatorname{div} \mathbf{E}=0$, в обозначениях автора принимающего вид $\frac{\partial}{\partial \lambda}(D_0 E \sigma_\lambda)=0$, где $\sigma_\lambda=h_2 h_3$, а D_0 — диэлектрическая постоянная вакуума, «вследствие существования минимального электрического заряда ε получаем в обычных единицах $D_0 E \sigma_\lambda=4\pi\varepsilon$» [уравнение (17), стр. 10].

Если бы автор пользовался обычной системой координат, то нелепость этого уравнения (17) была бы совершенно очевидной. В самом деле, в случае плоской линейно-поляризованной волны его система λ, μ, ν совпадает с обычной декартовой, поэтому $\sigma_\lambda=1$ и уравнение (17) сводится к уравнению $D_0 E=4\pi\varepsilon$, т. е. к утверждению, что в каждой точке поля волны напряженность E имеет постоянное и притом универсальное значение $\frac{4\pi\varepsilon}{D_0}$!

При переходе к уравнению (18) автор вводит новую величину w, которую в дальнейшем называет «нормальной скоростью поля» и которую он считает отличной как от скорости распространения поля c, так и от скорости движения электрических зарядов, которые вообще в его основных уравнениях не фигурируют. С точки зрения современной теории эта величина w, как и появляющаяся в дальнейшем величина u, лишена какого бы то ни было физического смысла; сам же автор не указывает, какое физическое содержание он вкладывает в эти величины, так что все производимые с ними операции остаются совершенно невразумительными.

Исказив уравнение Максвелла при записи их в системе λ, μ, ν целым рядом математических ошибок, дополнив их нелепым уравнением (17) и придя путем совершенно несостоятельных рассуждений к уравнениям (19) и (16**), автор заявляет, что все эти операции являются всего навсего лишь неким удобным для дальнейшего «представлением уравнений Максвелла», и затем приступает к «обобщению» этой квази-максвелловой системы уравнений.

Это «обобщение» страдает всеми теми недостатками, которые были указаны в отношении аэродинамических уравнений: уравнения автора не дают возможности определить распределение поля в пространстве, ибо положение и форма координатных поверхностей λ, μ, ν остаются неопределенными; самая система координат λ, μ, ν существует лишь в частных случаях; уравнения автора не инвариантны даже по отношению к изменению координатного масштаба [например уравнения (20, 2) и (II, c) изменяются по содержанию, если координату ν заменить координатой $\nu'=f(\nu)$].

Ко всему этому в случае электродинамики присоединяется, как мы только что видели, неверное допущение о перпендикулярности **Е** и **М**, абсурдное уравнение (17), указанные выше прямые математические ошибки и т. д.

Все дальнейшее содержание статьи посвящено выводу следствий из неверных «обобщенных» уравнений, так что рассмотрение ее в сущности излишне. Все же мы проследим и дальнейший ход рассуждений автора.

Сравнивая свои неверные уравнения электродинамики со своими неверными же уравнениями аэродинамики, автор обнаруживает их параллелизм. Единственное же отличие их заключается, как оказывается, в том, что скорость света есть величина постоянная, тогда как скорость звука зависит от состояния движения газа. Хотя постоянство скорости света и является одним из простейших и достовернейших опытных фактов, однако автор странным образом считает это отличие затруднением и говорит: «выход из этого затруднения я вижу в том, что в качестве обобщенных уравнений электромагнитного поля надо принять полностью все уравнения вихревого поля» (т. е. уравнения аэродинамики), и в частности считать скорость света зависящей от состояния движения газообразного эфира*[1]. Таким образом «обоснование» гипотезы об аэродинамической природе эфира сводится, во-первых, к параллелизму между неверными уравнениями и, во-вторых, к неудовлетворенности автора опытными фактами, относящимися к скорости света и скорости звука.

Переходя к вопросу о структуре элементарных частиц, автор наряду с электроном и протоном считает «элементарной единицей электрического поля» также и незаряженный нейтрон! (стр. 13). Из дальнейшего (стр. 15) видно, что это не простая описка.

При рассмотрении структуры электрических зарядов (электрона и протона) автор исходит из уравнения (2) $\operatorname{div} \mathbf{E}^* = 0$, являющегося условием отсутствия всякого электрического заряда ($\mathbf{E}^*$ означает $D_0\mathbf{E}$, где D_0 — диэлектрическая постоянная вакуума). Это можно было бы понять, если бы автор считал заряд сосредоточенным в особых точках поля, но таковых автор не вводит, что специально подчеркнуто им самим (стр. 16) в отношении его уравнений второго приближения. Этой нелепости вполне соответствует трактовка электрона (и протона) как изолированной фарадеевой трубки, целиком находящейся внутри некоторого пространственного объема. Ведь трубка либо имеет два конца, каждому из которых соответствуют равные и противоположные по знаку заряды (общий заряд нуль),

*[1] Характерное для статьи отсутствие последовательности прекрасно иллюстрируется тем, что на стр. 12 автор считает скорость света переменной и пишет уравнения, определяющие ее величину, а на стр. 13—16 вновь трактует ее как универсальную константу.

либо трубка замкнута сама на себя, и тогда также никакого электрического заряда нет.

Нельзя не отметить противоречащего элементарным основам математики утверждения автора (стр. 14), что интеграл дифференциального уравнения (2')

$$\frac{\partial}{\partial r}(r^2 \sin\varphi\, E_r) + \frac{\partial}{\partial\varphi}(r \sin\varphi\, E_\varphi) + \frac{\partial}{\partial\vartheta}(r\, E_\vartheta) = 0$$

имеет вид

$$(r^2 \sin\varphi\; E_r)\cdot(r \sin\varphi\; E_\varphi)\cdot(r\, E_\vartheta) = A_0^3,$$

а также утверждения, что *незаряженный* нейтрон отличается от заряженного протона лишь «*асимметрией поля*» (стр. 15).

Вообще последние страницы статьи, содержащие рассуждения о структуре элементарных частиц, в еще большей степени, чем ее начало, заполнены совершенно бездоказательными фантастическими заявлениями об «открытиях» автора, противоречащих всей известной нам совокупности опытных фактов.

4. Заключение

В заключение мы считаем необходимым подчеркнуть следующее. Во всякой научной работе могут оказаться ошибки, но по исправлении их обычно остается некоторое здоровое ядро, которое может служить отправной точкой для дальнейших исследований. Это здоровое ядро полностью отсутствует в работе Н. П. Кастерина. Как исходные положения автора, так и его основные уравнения, а также выводы из этих уравнений, словом, вся статья в целом, представляют собой сочетание неверных утверждений, физически абсурдных допущений и математических ошибок.