

СТРОГОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЙ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ. 11. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Бармасов А.В.^{1,2}, Бармасова А.М.², Яковлева Т.Ю.²

¹Санкт-Петербург, Россия, Санкт-Петербургский государственный университет

²Санкт-Петербург, Россия, Российский государственный гидрометеорологический университет

a.barmasov@spbu.ru

Современное обучение физике должно строиться на изложении предмета не как набора формул (что может отпугнуть и учащегося средней школы, и студента нефизических специальностей), а как логичной науки, знание которой требует не столько хорошей памяти, сколько умения рассуждать. При этом необходимо преподавать общую физику максимально ясным и понятным языком с использованием адекватного и доступного учащимся математического аппарата. Для этого крайне желательно излагать курс общей физики в определённой последовательности, стремясь к тому, чтобы материал нового раздела логично вытекал из результатов, полученных в ранее рассмотренных разделах. Такой подход также однозначно требует в самом начале каждого раздела дать строгие определения основных физических величин, используемых в данном разделе. Строгость и корректность определений особенно актуальна в последнее время, когда начала активно применяться тестовая система оценки знаний учащихся. При этом крайне важно, чтобы определения основополагающих в общей физике понятий были бы максимально близки в курсах средней и высшей школ (в идеале – одинаковы, поскольку для их введения обычно не требуется знание высшей математики) [1].

Ранее мы уже рассмотрели, как в разных учебниках физики определяются некоторые важнейшие определения (материальная точка [1,2], вектор и векторная величина [2,3], сила тяготения, сила тяжести и вес [2,4], квазиупругие силы [2,5], математический и физический маятники [6,7], эффект Доплера [6,8], идеальный и реальный газы [9,10], уравнения состояния идеального газа [9,11], точечный заряд и электрический диполь [12,13], свободные электроны [12,14]), показали противоречивость некоторых подходов, предложили наиболее адекватные формулировки. Мы планируем и в дальнейшем подробно рассматривать ошибочность (или, скорее, некорректность) даваемых в некоторых случаях определений. Рассмотрим сейчас определения электрического потенциала, разности потенциалов и электрического напряжения.

«Электрический потенциал» («потенциал электрического поля в точке» или просто «потенциал точки») ϕ – скалярная энергетическая характеристика электростатического поля в данной его точке, численно равная работе, совершаемой электростатическим полем при перемещении положительного единичного пробного заряда по любому пути из данной точки в ту точку пространства, где его значение принято равным нулю (начальная точка). В этом определении важно, что равенство лишь численное [12].

Такое определение, очевидно, не является однозначным. При изменении положения начальной точки значение потенциала изменяется на константу, равную работе по перемещению единичного заряда из исходной нулевой точки в новую. Однако такая неоднозначность не сказывается на результатах расчёта напряжённости поля. Она может быть устранена, если выбирать начальную точку в бесконечности. Формальным препятствием к такому выбору может оказаться расходимость интеграла для потенциала на бесконечном пределе. Но можно показать, что поле любого ограниченного в пространстве распределения зарядов (все реально встречающиеся в природе распределения обладают этим свойством) на больших расстояниях убывает не медленнее, чем обратный квадрат расстояния, что заведомо обеспечивает сходимость интеграла [12].

Считается, что физический смысл имеет только разность потенциалов $\Delta\varphi$ между двумя точками поля, так как работа определена только тогда, когда заданы две точки – начало и конец пути. Итак, «разность потенциалов» – отношение работы, совершаемой силами потенциального силового поля, действующими на источник поля, при перемещении этого источника между двумя точками поля, к величине, характеризующей источник [12].

Очень часто вместо термина «разность потенциалов» используют термин «электрическое напряжение» (или просто «напряжение»), обозначая его U . Эти понятия довольно близки, имеют одинаковые размерности. Более того, общепризнанным является такое определение: «электрическое напряжение» – разность потенциалов двух точек, т. е. отношение работы по переносу электрического заряда из одной точки в другую к величине этого заряда. Но, строго говоря, разность потенциалов и напряжение – не одно и то же, последнее можно употреблять лишь при наличии электродвижущей силы [12].

Более строгое определение для электрического напряжения: напряжение U_{12} между точками 1 и 2 электрической цепи измеряется работой, совершаемой электростатическими и сторонними силами при перемещении по цепи единичного положительного заряда из первой точки во вторую:

$$U_{12} = \int_1^2 E_l dl + \int_1^2 (E_{ст})_l dl = (\varphi_1 - \varphi_2) + E_{12}, \quad (1)$$

где $E_{ст}$ – напряжённость поля сторонних сил; E_{12} – электродвижущая сила, действующая на участке цепи 1-2. При отсутствии сторонних сил величины U_{12} и $(\varphi_1 - \varphi_2) \equiv -\Delta\varphi$ совпадают [12].

1. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики. 1. Материальная точка / В кн.: «Тезисы докладов Совещания заведующих кафедрами физики вузов России» (Москва, 2009 г.) / Под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М.: АПР, 2009. – 344 с. – С. 53-55.
2. Бармасов А.В., Холмогоров В.Е. Курс общей физики для природопользователей. Механика / Под ред. А.С. Чирцова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008, 2012. – 416 с.
3. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики.
4. Вектор и векторная величина / В кн.: «Школа и ВУЗ: Инновации в образовании. Межпредметные связи естественных наук: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической интернет-конференции» / Отв. за вып. А.В. Бармин. – Орёл: ОрёлГТУ, 2009. – 180 с. – С. 18-19.
4. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики.
5. Сила тяготения, сила тяжести и вес / В кн.: «Школа и ВУЗ: Инновации в образовании. Межпредметные связи естественных наук: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической интернет-конференции» / Отв. за вып. А.В. Бармин. – Орёл: ОрёлГТУ, 2009. – 180 с. – С. 20-21.
5. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики.
7. Квазиупругие силы / В кн.: «Актуальные проблемы преподавания физики в ВУЗах и школах стран постсоветского пространства. Материалы Международной школы-семинара «Физика в системе высшего и среднего образования» (Москва, июнь 2011 г.) / Под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М.: АПР, 2011. – 280 с. – С. 46-47.
6. Бармасов А.В., Холмогоров В.Е. Курс общей физики для природопользователей. Колебания и волны / Под ред. А.П. Бобровского. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009, 2012. – 256 с.
7. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики.
2. Математический и физический маятники / В кн.: «Тезисы докладов Совещания заведующих кафедрами физики вузов России» (Москва, 2009 г.) / Под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М.: АПР, 2009. – 344 с. – С. 55-56.
8. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики.
8. Эффект Доплера / В кн.: «Актуальные проблемы преподавания физики в ВУЗах и школах стран постсоветского пространства. Материалы Международной школы-семинара «Физика в системе высшего и среднего образования» (Москва, июнь 2011 г.) / Под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М.: АПР, 2011. – 280 с. – С. 47-49.
9. Бармасов А.В., Холмогоров В.Е. Курс общей физики для природопользователей. Молекулярная физика и термодинамика / Под ред. А.П. Бобровского. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009, 2012. – 512 с.

10. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики. 3. Идеальный и реальный газы / В кн.: «Тезисы докладов Совещания заведующих кафедрами физики вузов России» (Москва, 2009 г.) / Под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М.: АПР, 2009. – 344 с. – С. 56-58.

11. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики. 10. Уравнения состояния идеального газа / В кн.: «Материалы Международной школы-семинара «Физика в системе высшего и среднего образования» (Москва, 2014 г.) / Под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М.: АПР, 2014. – 278 с. – С. 43-44.

12. Бармасов А.В., Холмогоров В.Е. Курс общей физики для природопользователей. Электричество / Под ред. А.П. Бобровского. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010, 2013. – 448 с.

13. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики. 6. Точечный заряд и электрический диполь / В кн.: «Тезисы докладов Международной школы-семинара «Физика в системе высшего и среднего образования России» (Москва, 2010 г.) / Под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М.: АПР, 2010. – 328 с. – С. 65-66.

14. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Строгость определений в курсе общей физики. 9. Свободные электроны / В кн.: «Актуальные проблемы преподавания физики в ВУЗах и школах стран постсоветского пространства. Материалы Международной школы-семинара «Физика в системе высшего и среднего образования» (Москва, 2012 г.) / Под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М.: АПР, 2012. – С. 38-40.