

## А ТАК ЛИ ХОРОШО ЗНАКОМ ВАМ ПОТЕНЦИАЛ?

Между первым и последним из приведенных высказываний — почти двести лет. Они вобрали в себя одну из самых интересных историй о становлении одного из самых замысловатых физических (и не только!) понятий. Согласитесь, нелегко обнаружить главного персонажа этой истории, скрывающегося под масками то напряжения, то электродвижущей силы, то некоей загадочной функции. Все это — потенциал. А со сколькими его разновидностями вам, возможно, еще придется встретиться: контактная разность потенциалов, потенциал ионизации, гравитационный потенциал... А каковы имена ученых, распутывавших терминологический клубок и шлифовавших новое понятие, — Эйлер, Лаплас, Пуассон, Грин, Гаусс!..

Правда, не сразу поймешь, физики ли это или математики? Не удивляйтесь, универсальность этого понятия связана с огромной областью плодотворных его применений — в задачах о распространении тепла, о течении жидкости, в расчетах гравитационных, электрических и магнитных полей.

Пробуя свои силы в решении пусть пока простых проблем, не забывайте о том, что современная теория потенциала — весомый «камень» в фундаменте целой отрасли знаний, называемой математической физикой.

### Вопросы и задачи

1. Потенциал электрического поля некоторого заряда убывает по мере удаления от него. Каков знак этого заряда?

2. Всегда ли между проводником, заряженным положительно, и проводником, заряженным отрицательно, есть разность потенциалов?

3. На расстоянии  $r$  от центра изолированного проводящего незаряженного шара находится точечный заряд  $q$ . Чему равен потенциал шара?

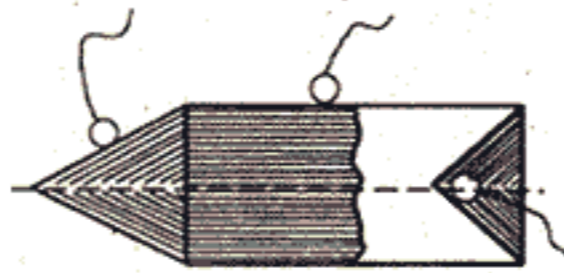
4. Имеется заряженная сфера. Зависит ли потенциал в центре сферы от распределения зарядов на сфере?

5. Внутри проводящей заряженной сферы через небольшое отверстие вносится (без соприкосновения) металлический шарик, заряд которого равен по величине, но противоположен по знаку заряду сферы. Как изменится потенциал сферы?

6. Как меняется потенциал поля сферического конденсатора с радиусами внутренней обкладки  $R_1$  (заряд  $+q$ ) и внешней  $R_2$  (заряд  $-q$ ) в зависимости от расстояния  $r$  от центра сфер? Начертите график.

7. Двум удаленным друг от друга проводникам сообщены положительные заряды так, что потенциал первого 100 В, а второго 50 В. Будут ли положительные заряды переходить с первого проводника на второй, если привести их в соприкосновение (никаких других тел вблизи нет)?

8. Пробный шарик соединяют проволокой с электрометром и обводят



...напряжение — ...усилие, производимое каждой точкой наэлектризованного тела, чтобы избавиться от имеющегося в ней электричества и передать его другим телам...

Алессандро Вольта

Электродвижущее действие проявляется в двоякого рода эффектах... Я назову первый из этих эффектов электрическим напряжением...

Андре Мари Ампер

Учитывая, насколько желательно подчинить расчету... силу столь универсального характера, как электричество, ... мы можем сосредоточить свое внимание на одной особой функции, ... вместо того чтобы рассеивать свое внимание, исследуя каждую из этих сил в отдельности...

Джордж Грин

В каждой точке пространства имеется число, и, когда вы переходите с места на место, это число меняется. Если в какой-то точке пространства поместить предмет, то на него будет действовать сила в том направлении, в котором быстрее всего изменяется это число (я дам ему обычное название — потенциал...).

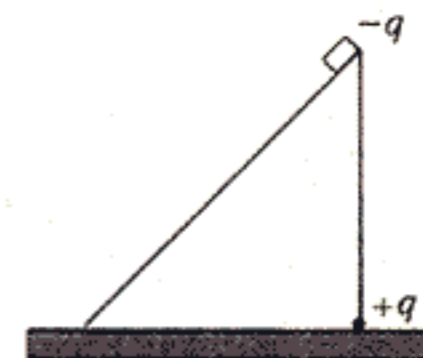
Ричард Фейнман

по всему контуру заряженного тела, изображенного на рисунке. Будут ли при этом меняться показания электрометра? Почему для этого опыта берут длинную проволочку?

9. В однородное электрическое поле плоского конденсатора помещен проводящий незаряженный шар так, что центр его находится на равных расстояниях от пластин конденсатора. Потенциалы пластин равны +100 В и -100 В соответственно. Что представляет собой поверхность нулевого потенциала?

10. Упругий металлический шарик, несущий заряд  $q$ , закреплен на изолирующей упругой подставке. На него с высоты  $h$  падает точно такой же и так же заряженный второй шарик. На какую высоту поднимется второй шарик после удара о первый?

11. По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол  $45^\circ$  с горизонтом, соскальзывает небольшое тело,



несущее заряд  $-q$ . Повлияет ли на его скорость у основания наклонной плоскости заряд  $+q$ , закрепленный так, как показано на рисунке?

12. Между точками А и В некоторой цепи, содержащей конденсаторы, разность потенциалов равна  $U$ . Если к



этим точкам присоединить конденсатор емкостью  $C$ , то будет ли его заряд равен  $CU$ ?

13. Параллельно пластинам заряженного и отключенного от батареи плоского конденсатора вводят незаряженную металлическую пластину, толщина которой в два раза меньше расстояния между обкладками. Как изменится разность потенциалов между обкладками?

14. Почему к оборванному трамвайному проводу, лежащему на земле, следует подходить все более мелкими шажками?

15. Между любыми двумя точками однородного проволочного кольца разность потенциалов равна нулю, а ток в кольце существует. Когда это возможно?

16. Можно ли, находясь в самолете, летящем в магнитном поле Земли, обнаружить разность потенциалов, возникающую между концами крыльев самолета?

17. Вольфрамовый шарик, находящийся в вакууме, облучают ультрафиолетовым светом. Как со временем будет меняться потенциал шарика?

### Микроопыт

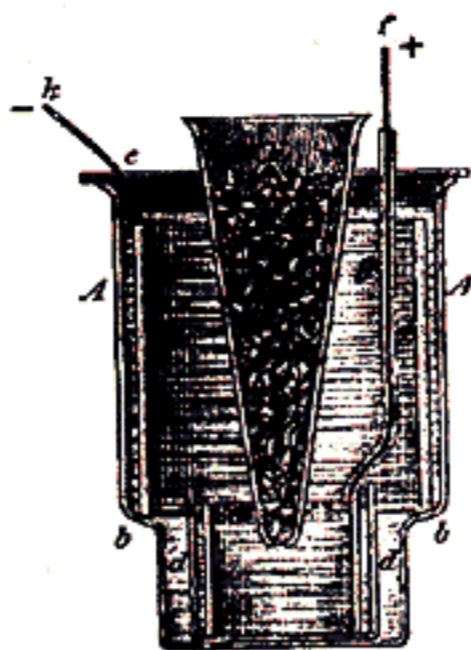
Известно, что вблизи поверхности Земли напряженность электрического поля такова, что на расстоянии между уровнем вашего носа и уровнем пяток разность потенциалов составляет около 200 В. Сможете ли вы использовать это напряжение, чтобы зажечь электрическую лампочку? Не опасно ли такое напряжение для вас?

### Любопытно, что...

...Вольта, обнаруживший контактную разность потенциалов, введший в науку термин «напряжение», отмеченный потомками присвоением единицы электрического напряжения наименования «вольт», создавший «вольтов столб» — «самый замечательный, — по словам французского ученого Доминика Араго, — прибор, когда-либо изобретенный людьми, не исключая телескопа и паровой машины», не имел ни малейшего представления о том, как и почему этот прибор работает.

...прохождение тока через электролит приводит к появлению ЭДС, направленной «навстречу» приложенной извне. На это явление, названное гальванической поляризацией, натолкнулись в начале XIX века. В дальнейшем оно легло в основу изобретения кислотного аккумулятора.

...задачу о распределении электричества на проводнике заданной формы наметил в свое время Кулон. Именно решая такого рода задачи, Пуас-

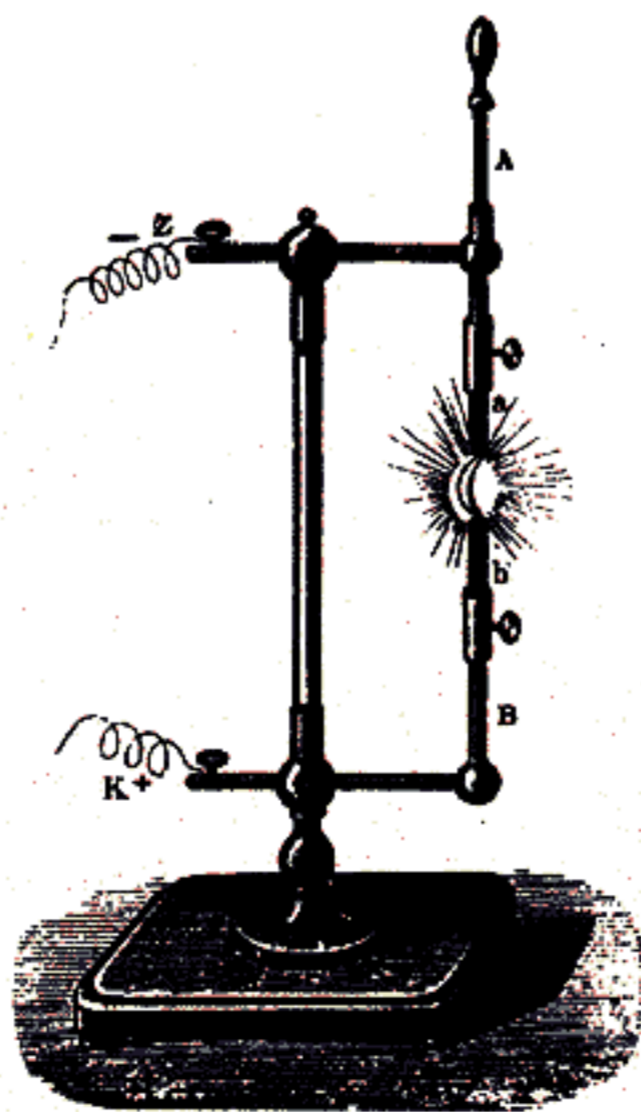


сон, еще до Грина и Гаусса, пришел к мысли ввести некоторую функцию, зависящую от координат и принимающую постоянное значение на поверхности проводника.

...свою работу «Опыт применения математического анализа к теориям электричества и магнетизма» Грин написал, будучи самоучкой. До сорока лет, когда он поступил (1) в Кембриджский университет, Грин работал пекарем и мельником, самостоятельно штудирова науки. Важно отметить, что, вводя понятие потенциальной функции, Грин не связывал его с понятием работы, еще не используемым в физике.

...электрический ток может протекать не только в цепи, где разность потенциалов между двумя произвольно взятыми точками равна нулю, но и течь от меньшего потенциала к большему, как, скажем, внутри источников тока.

...существуют такие электрические поля, для которых определить напряженность можно, а потенциал — нель-



зя. Например, поле, возникающее при электромагнитной индукции. Именно такие («непотенциальные») поля обеспечивают работу трансформаторов и электродвигателей.

...крупный уголь «вырабатывает» напряжение до 600 вольт при токе до 1 ампера. Это оказывается возможным за счет множества цепочек из последовательно соединенных электрических клеток, в каждой из которых создается разность потенциалов около 0,15 вольта. Сами же цепочки «подключаются» параллельно, поэтому суммарным током уголь способен оглушить или даже убить жертву.

...когда вы двигаетесь по ковру и, прикоснувшись к чему-либо, извлекаете электрические искры до сантиметра длиной, ваш потенциал составляет от 10000 до 20000 вольт.

...разность потенциалов (например, между облаком и землей) при возникновении молнии достигает 4 миллиардов вольт, а типичное значение силы тока в молнии порядка 20000 ампер.

...диапазон используемых человеком напряжений «раскинулся» на 12 порядков. Максимально достижимые из них ограничены электрической прочностью изоляторов и составляют миллионы вольт. Минимальные напряжения, с которыми имеют дело в технике, порядка долей микровольта.

### Что читать в «Кванте» о потенциале

(публикации последних лет)

1. «Гроза и грозоотвод» — 1991, №1, с.35;
2. «Энергия электрического поля» — 1991, №8, с.58;
3. «Первый источник электрического тока» — 1992, №1, с.35;
4. «Заряженные частицы в электростатическом поле» — 1993, №11/12, с.53;
5. «Электромагнитная индукция» — 1995, №3, с.45;
6. «Метод электростатических изображений» — 1996, №1, с.42;
7. Калейдоскоп «Кванта» — 1996, №3, с.32;
8. «Электризация капель жидкости...» — 1996, №5, с.44;
9. «Движение тел в гравитационных полях» — 1997, №1, с.45;
10. «Занимательный электролиз» — 1997, №2, с.40;
11. «Участок цепи с источником тока» — 1997, №3, с.35;
12. «Потенциал электростатического поля» — 1997, №3, с.41.

Материал подготовил  
А.Леонovich