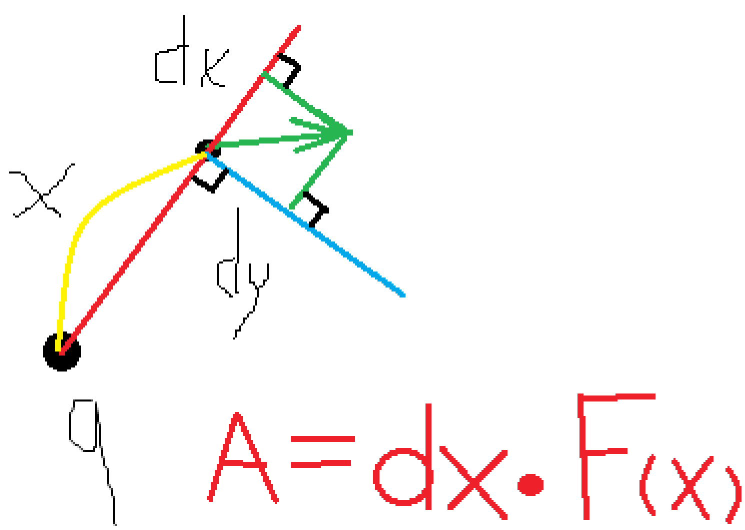
Билет N2: потенциальность электростатического поля, связь потенциала и напряженности поля, работа сил электрического поля, потенциал поля точечного заряда, суперпозиция потенциалов, силовые линии и эквипотенциальные поверхности.

Потенциальность электростатического поля: электростатическое поле потенциально. (Потенциальное поле — это поле, в котором при перемещении из точки А в точку Б работа, совершаемая силами поля, зависит только от начальной и конечной точки, и не зависит от траектории). Для начала, докажем, что поле точечного заряда потенциально: пусть мы двигаемся из точки А в точку Б. При каком-либо малом смещении из произвольной точки, для подсчета работы сил поля на этом перемещении нас интересует только смещение вдоль радиус-вектора к точечному заряду, т.к. работа — это скалярное произведение силы на перемещение, т.е. при смещении, перпендикулярном радиус-вектору, силы поля работы не совершают.



Разбивая любую траекторию из А в Б на множество маленьких кусочков, мы получим, что работа сил поля складывается только из удалений/приближений к точечному заряду; т.к. суммарное изменение расстояния до точечного заряда фиксировано, работа имеет знак (ибо скалярное произведение) и сила поля на одинаковых расстояниях от точечного заряда одинакова, то работа при перемещении из точки А в Б не зависит от траектории и зависит только от расположений точек А и Б, т.е. поле точечного заряда потенциально.

Поле системы зарядов тоже потенциально.

Т.к. для электрического поля справедлив принцип суперпозиции, то можно посчитать работу сил поля каждого из зарядов при смещении из точки А в точку Б, работа сил поля каждого из зарядов не зависит от траектории, следовательно, и работа сил общего поля не зависит от траектории.

Т.к. электростатическое поле потенциально, то можно ввести понятие потенциальной энергии.
Потенциальная энергия заряда q в точке x определяется как работа, которую совершают силы поля при перемещении этого заряда в точку, потенциальная энергия которой принимается за 0.
(Можно определить ее и иначе: это работа, совершаемая ВНЕШНИМИ силами при перемещении из точки с нулевой потенциальной энергией в выбранную, но это определение скорее для понимания)

А где находится эта точка нулевой потенциальной энергией? На самом деле, неважно. Каждый человек может назначить точкой нулевого потенциала любую точку, которую ему только вздумается, т. к. во всех известных задачах играет роль лишь разность потенциальной энергии. Как правило, точкой с нулевой потенциальной энергией считают бесконечно удаленную точку, т.к. это удобно для расчетов (ну просто удобно и удобно, не задумывайся, почему именно бесконечно удаленная точка, это тебе не нужно).

Потенциал.
Прежде чем дать определение, посмотрим на формулы силы, действующей на заряд в электростатическом поле: $\vec{F}=q*\vec{E}$
Работа при перемещении из точки А в точку Б = $\sum \vec{F}*\vec{dL}=q*\sum \vec{E}*\vec{dL}$
Заметим, что совершаемая работа пропорциональна заряду; поэтому имеет смысл найти коэффициент пропорциональности.
Потенциал в точке X — это отношение работы сил поля при перемещении пробного заряда из этой точки в точку с нулевой потенциальной энергией (напомню, за нее принимается бесконечно удаленная точка), к величине этого заряда. φ = $\frac{A}{Q_{пробн}}$

Связь потенциала и напряженности поля.

Рассмотрим небольшое смещение заряда из точки 1 в точку 2(такое, что поле можно считать постоянным).
Работа при таком смещении = $\vec{F}*\vec{dL}=q*\vec{E}*\vec{dL}$ (по определению работы).
Но ведь электростатическое поле потенциально, т. е. работа не зависит от траектории! Попробуем тогда сначала удалить заряд в бесконечность, а затем приведем в точку 2. Совершаемая при этом работа = сумме работ на пути в бесконечность и из нее = $q*f_1-q*f_2$ (по определению потенциала, f1 и f2 – потенциалы начальной и конечных точек).

Перое значение, как уже было сказано выше, равно второму, т. е. Если поделить каждое из них на q - то они останутся равны; т.е. $\vec{E}*\vec{dL}=f_1-f_2=-\nabla f$ (соре, нормального значка дельта не нашел).

Разницу потенциалов между двумя точками называют напряжением между этими точками.

Потенциал, разность потенциалов и напряжение измеряется в Вольтах(В). (1Дж = 1Кл*1В).

Работа сил электрического поля.

Работа сил электрического поля при перемещении из точки 1 в точку 2 = $q*(f_1-f_2)$ (доказательство см. в связи потенциала и напряженности поля).

Потенциал поля точечного заряда.

Рассмотрим заряд q_1 на расстоянии r от фиксированного точечного заряда q. Работа, совершаемая при удалении q1 в бесконечность, равна $k*q_1*q*\int dr/r^2$ (это определенный интеграл от r до + бесконечности, просто я не нашел знак определенного интеграла); сократим на q1 (т. к. мы ищем потенциал) и вычислим интеграл, получим $\frac{k*q}{r}$. Это и есть формула потенциала поля точечного заряда.

Принцип суперпозиции для потенциалов.

Потенциал поля системы зарядов равен сумме потенциалов полей, создаваемых зарядами по отдельности, если точка с нулевой потенциальной энергией у всех полей общая.

Это очень легко доказать по определению потенциала: для каждого поля мы рассчитываем работу, совершаемую силами этого поля при удалении пробного заряда в бесконечность, складываем эти работы (т. к. можно записать работу через поле, а для полей принцип суперпозиции верен), и сумма работ, деленная на пробный заряд — это потенциал системы зарядов, а с другой стороны — сумма потенциалов полей, создаваемых зарядами по отдельности.

Силовые линии и эквипотенциальные поверхности.

Эквипотенциальная поверхность — это множество точек, у которых равны потенциалы.

Силовые линии — это такие линии, что в каждой точке этой линии касательная к этой линии совпадает с направлением силы электрического поля, действующей в этой точке.

Силовые линии перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям, т. к. иначе при смещении по эквипотенциальной поверхности работа была бы равна 0 с точки зрения изменения потенциала и была бы отлична от 0 с точки зрения скалярного произведения силы на перемещение.