

课程基本信息								
课例编号	2020QJ11WLRJ010		学科	物理	年级	高二	学期	第一学期
课题	电势差							
教科书	书名：普通高中教科书《物理》必修第三册 出版社：人民教育出版社 出版日期：2019 年 6 月							
教学人员								
	姓名		单位					
授课教师	岳凌月		北京师范大学附属中学					
指导教师	许洪发、王莉萍 黎红		北京师范大学附属中学 北京市西城区教育研修学院					
教学目标								
<p>教学目标：</p> <p>1、通过与高度差的类比，引入电势差的概念，进一步完善对电场的能量观的认知。理解电势差与零电势点选取无关。知道电势差的正负的含义。</p> <p>2、在创设的情境中，能推导出静电力做功跟电势差的关系式，能通过 $U_{AB}=W_{AB}/q$ 进一步理解电势差的意义。</p> <p>3、通过对“在其上移动电荷，静电力不做功的面”的寻找，帮助学生理解等势面的概念。通过论证两等势面一定不相交，体会反证法在推理过程中的应用。通过常见等势面的学习，提高学生的空间想象能力。</p> <p>教学重点：电势差概念的理解和运用。</p> <p>教学难点：影响电势差的因素。</p>								
教学过程								
时间	教学环节	主要师生活动						
	环节一 创设情境，引入新课	<p>【师】同学们好！请思考这样一个问题 如果我们要从 6 楼走到 8 楼，影响我们做功多少的因素是这两层楼的高度差还是楼的高度呢？</p> <p>【生】高度差</p> <p>【师】某个电荷在确定的电场中由 A 点移动到 B 点，影响静电力做功多少的因素可能是 A 点或 B 点的电势值呢？还是 A、B 两点之间电势的差值呢？</p> <p>上节课，我们已经对电势进行了学习；这节课，我们先来学习电势的差值，再来回答这个问题。</p>						
	环节二 电势差定义	<p>【师】 1、定义及定义式：我们将电场中两点电势之间的差值叫做电势差。</p> <div>$U_{AB}=\varphi_A-\varphi_B, \quad U_{BA}=\varphi_B-\varphi_A,$$U_{AB}=-U_{BA}$</div> <p>单位：伏特 V</p> <p>(1) 电势差也叫电压</p> <p>在很多场合，电压不带正负号。如：初中时，我们将电压表接</p>						

		<p>在电源两端测得的电压，就是电源正负极 AB 两点间的电势差。</p> <p>(2) 电势差是标量。它的正负表示什么呢？</p> <p>根据定义式 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$，当 $U_{AB} > 0$，$\varphi_A > \varphi_B$，当 $U_{AB} < 0$，$\varphi_A < \varphi_B$。</p> <p>【想一想】电势与零电势点的选取有关，那么电势差与零电势点的选取有关吗？</p> <p>【生】思考</p> <p>【师】我们回顾一下上节课学习电势时的一个问题：</p> <p>已知匀强电场的电场强度 $E = 300 \text{ N/C}$，A、B 与 C 的距离 l_1 和 l_2 分别为 0.1m 和 0.04m，求 A、B 两点的电势。</p> <p>我们当时已经算出：以 C 为零电势点时，$\varphi_A = 300 \text{ V}$，$\varphi_B = 120 \text{ V}$，以 B 为零电势点时，$\varphi_A = 180 \text{ V}$，$\varphi_C = -120 \text{ V}$，可见电势与零电势点的选取有关。请同学们根据本节课学的电势差的定义式，任选两点算算它们之间的电势差，看看电势差的选取与零电势点有关吗？</p> <p>【生】计算、比较</p> <p>【师】老师以 A、B 两点为例来算一下，以 C 为势能零点时，$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 300 \text{ V} - 120 \text{ V} = 180 \text{ V}$，以 B 为零电势点时，$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 180 \text{ V} - 0 \text{ V} = 180 \text{ V}$，用其他点算，你是不是也得到了类似的结果呢？这说明电势差与零电势点的选取无关。</p>
环节三	电势差与电场力做功的关系，电势差的另一种表述	<p>【师】刚刚我们已经对电势差有了初步的认识，现在，让我们回到课程开始时提出的问题：某个电荷在确定的电场中由 A 点移动到 B 点，影响静电力做功多少的因素可能是 A 点或 B 点的电势值呢？还是 A、B 两点之间电势的差值呢？</p> <p>为了方便讨论，我们给出几个物理量，把问题具体化。已知电荷量为 Q，A、B 两点电势分别为 φ_A 和 φ_B，A、B 两点间电势差为 U_{AB}，求将电荷 Q 从 A 点移动到 B 点过程中，静电力做功。</p> <p>【生】思考、推导</p> <p>【师】$W_{AB} = -\Delta E_p = E_{pA} - E_{pB} = q\varphi_A - q\varphi_B = q(\varphi_A - \varphi_B) = qU_{AB}$，可见，影响静电力做功多少的是电势差。</p> <p>静电力做功与电势差的关系为 $W_{AB} = qU_{AB}$，这个关系式虽然是在匀强电场情景下推出的，但整个推导过程对力的性质和电场的特点并没有特殊的要求，所以这个式子即适用于恒力做功，也适用于变力做功，即适用于匀强电场，也适用于非匀强电场。且由于 W 和 U 均与势能零点的选取无关，所以使用这个关系式时无须先规定势能零点。这个式子为我们提供了另一种求静电力做功的方法，而且很多时候比 $W = Fl\cos\theta$ 适用范围更广。但使用这个关系式时要注意的角标要对应，$W_{AB} = qU_{AB}$，而 $W_{BA} = qU_{BA}$。</p> <p>【师】将这个式子稍作变形，可以得到 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$，虽然只是做了一个简单的除法，但这个式子可以看做是电势差的另一种表述。刚刚，我们是用物理量之差来定义的电势差，现在我们再用物理量之比来</p>

定义电势差。

即， A 、 B 两点间的电势差等于将电荷 q 从电场中 A 点移动到 B 点静电力所做的功 W_{AB} 与电荷量 q 之比。

【想一想】某同学认为 A 、 B 两点间电势差由 W_{AB} 和 q 的数值决定，你认为他的想法正确吗？请说明理由。

【生】思考

【师】以匀强电场为例，假设把一个电荷量为 q 的点电荷从 A 点移动到 B 点，设静电力做功为 W_0 ，那么换成一个电荷量为 $2q$ 的点电荷从 A 点移到 B 点呢？由 $F=Eq$ ，电场力会加倍，其他条件不变，所以静电力做功变为原来的 2 倍。换成 nq 呢？静电力做功会变为原来的 n 倍。虽然 q 和 W 变了，但比之不变。可见电势差的大小与试探电荷无关，电势差由场源电荷和两点的位置决定。这个公式的形式与 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 非常类似，它们都是“用比值定义物理量”。

【做一做】

例题：在匀强电场中把电荷量为 $2.0 \times 10^{-9} \text{C}$ 的点电荷从 A 点移动到 B 点，静电力做的功为 $1.6 \times 10^{-7} \text{J}$ 。再把这个电荷从 B 点移动到 C 点，静电力做的功为 $-4.0 \times 10^{-7} \text{J}$ 。

(1) A 、 B 间， B 、 C 间， A 、 C 间的电势差各是多大？

(2) 根据以上结果，定性画出电场分布的示意图，标出 A 、 B 、 C 三点可能的位置。

(3) 把电荷量为 $-1.5 \times 10^{-9} \text{C}$ 的点电荷从 A 点移动到 C 点，静电力做的功是多少？

【生】思考、作答

【师】思考过程及点拨

$$(1) U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{1.6 \times 10^{-7}}{2.0 \times 10^{-9}} \text{V} = 80 \text{V}$$

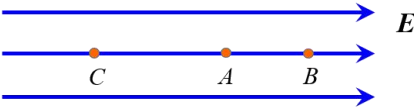
$$U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q} = \frac{-4.0 \times 10^{-7}}{2.0 \times 10^{-9}} \text{V} = -200 \text{V}$$

$$U_{AC} = \frac{W_{AC}}{q} = \frac{W_{AB} + W_{BC}}{q} = U_{AB} + U_{BC} = 80 \text{V} + (-200) \text{V} = -120 \text{V}$$

上面算 U_{AC} 利用了“静电力做功与路径无关”，推导中也得到一个电势差间的关系， $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$ ，大家使用这个式子时要注意角标的顺序。

此外，我们也可以采用一个更直观的方法，设定一个势能零点，通过电势差的关系，算出各点的电势值。比如设 B 为势能零点，则 $\varphi_A = 80 \text{V}$ ， $\varphi_C = -200 \text{V}$ 。所以 U_{AC} 等于 -120V ，与刚才的计算结果相同。

(2) 根据 (1) 的计算，我们可以得出 $\varphi_C > \varphi_A > \varphi_B$ ，且 $U_{AC} > U_{AB}$ ，

	<p>因为沿着电场线的方向电势降低，所以沿着电场线方向，依次是 C、A、B 三点，且 CA 间距离大于 AB 间距离。</p>  <p>(3) 根据电场力做功与电势差的关系，$W_{AC}=qU_{AC}=(-1.5\times 10^{-9})\times (-120)\text{J}=1.8\times 10^{-7}\text{J}$，注意计算时要严格带入 q 与 U 的符号。算得的结果为正，说明电场力做正功。我们再直观的看一下情景，负电荷电场力方向与电场强度方向相反，A 到 C 位移方向也与电场强度方向相反，可见静电力做正功。两种分析结果是一致的。</p> <p>【师】这道例题，是能量观点出发处理静电场相关问题，大家解答过程中一定要明确情景，理清各物理概念间的关系，并注意正负号的使用。</p>
<p>环节四 等势面</p>	<p>【师】现在我们再来看看这道例题的第 2 问，题中说“标出 A、B、C 三点可能的位置。为什么强调”可能的“呢？可能”说明还有其他位置符合要求，这些位置在哪里呢？</p> <p>【想一想】为简化问题，我们以 $A\rightarrow B$ 为例，进行研究，题设条件咱们只关注“在匀强电场中把电荷量为 $2.0\times 10^{-9}\text{C}$ 的点电荷从 A 点移动到 B 点，静电力做的功为 $1.6\times 10^{-7}\text{J}$。”这句。设 A 不动，请再找出一个 B 点可能的位置 B'，并标在图中。</p> <p>【生】思考、标注</p> <p>【师】下面是两位同学的想法：</p> <p>甲同学以 A 点为圆心，AB 长为半径画了一个圆，认为圆上的点 B' 符合要求。</p> <p>乙同学画了一条过 B 点的与电场线垂直的线，认为垂线上的点 B' 符合要求。</p> <p>哪位同学的说法正确呢？我们再来看一下题目。题目中给出的关键信息是从 A 到 B 做功为定值，即要求 $W_{AB}=W_{AB'}$</p> <p>不妨设甲同学的想法是正确的。那么 $W_{AB}=W_{AB'}$ 成立吗？上一节课我们学习过，静电力做功与路径无关，我们可以通过构建合理的路径进行检验。比如将 $W_{AB'}$ 的路径选为 $AB+BB'$，则 $W_{AB'}=W_{AB}+W_{BB'}$，而 $W_{BB'}\neq 0$，所以 $W_{AB}\neq W_{AB'}$，可见甲同学想法不正确。</p> <p>再看乙同学的方案，采用类似的方法，选取路 $AB+BB'$，此时 $W_{BB'}=0$，可见 $W_{AB'}=W_{AB}$ 成立，乙同学找到的 B' 点符合要求。我们会发现，这里的关键是使电荷由 B 移动到 B' 过程中，静电力做功为零。</p> <p>可见，这条虚线上的点都是符合要求的。</p> <p>还有其他的可能位置吗？我们知道电场是分布在一定空间，而不是一个面内的，所以过 B 点做一个与电场线垂直的面，面内各点都是 B' 可能存在的位置。</p> <p>在此面上移动电荷时，电场力做功为零。又依据 $W=qU$ 得，$U=0\text{V}$，即此面上各点间电势相等。我们把这样的面叫做等势面。</p>

	<p>同理，过 A 点做一个与电场线垂直的面，也可以得到一个等势面，面内各点电势也均与 A 相同。</p> <p>从 A 所在平面上任意移动向 B 所在平面上任意一点移动电荷时，电势差均为定值，W 也就是定值。</p> <p>所以 A、B 两点的位置可以是各自等势面内的任意位置。所以题设说“可能的位置”，提示结果并不唯一。</p> <p>我们将这样“在电场中，电势相同的各点构成的面”叫做等势面。</p> <p>二、等势面的特点</p> <p>在刚才的分析中，我们已经能够得出等势面的一些特点。比如：</p> <p>(1) 在等势面上移动电荷时，静电力不做功。</p> <p>(2) 电场线跟等势面垂直，且由高电势指向低电势。</p> <p>【想一想】两等势面一定不相交吗？请说明理由。</p> <p>【生】思考、论证</p> <p>【师】假设两等势面相交，交点会同时具有两个电势值，这与实际情况矛盾，同一点不可能同时有两个电势值。所以假设不成立。</p> <p>这里的论证过程中，我们运用了反证法。反证法的一般操作是：假设原命题不正确，推出一个与公理、定理或者题设相矛盾的结论，从而证明假设不成立，原命题正确。反证法是科学研究中一种重要的逻辑方法。</p> <p>大家可以想想还有什么命题的证明用过反证法？对！证明两电场线不相交时，也用过。</p> <p>这样我们得出了等势面的第三个特点：</p> <p>(3) 两等势面一定不相交。</p> <p>这些特点虽然是在匀强场的情景下推导的，但对于非匀强场也同样适用。</p> <p>【做一做】根据等势面与电场线垂直这一特点，可以根据电场线画出等势面，比如，同学们可以试着画出正点电荷的电场</p> <p>【师】（图）正点电荷点电荷等势面分布。</p> <p>由于电场是空间立体分布的，所以点电荷的等势面其实是立体的球面。</p> <p>为了表述的方便，我们通常都画截面图，比如点电荷的等势面画成一系列同心圆。</p> <p>细心的同学会发现，这些圆间的距离是不等的，这是因为我们通常所画的等势面都是使两个相邻的等势面间的电势差相等。</p> <p>【师】其他学科里有没有与等势面类似的表示方法呢？</p> <p>相信很多同学都想到了地理中的等高线。等高线是通过把地面上海拔高度相同的点连成闭合曲线得到的。与等势面有相似之处。</p> <p>比如匀强电场的等势面可以类比一个斜面的等高线，正电荷附近电势较高，对应于地势较高。再如，正点电荷电场的等势面可以类比为山峰的等高线。</p> <p>类比有助于我们更好的理解概念。在本节课中，我们也多次用到了类似的思想。</p>
--	--

	环节五 课堂小结	<p>【师】下面，我们一起来回顾一下这节课。</p> <p>从物理观念角度：本节课是在上两节课的基础上，进一步从能量的角度认识电场。寻找与势能零点选取无关的量，从电势引出电势差；研究静电力做功与电势差的关系，得到电势差的另一种表述。至此，这四个概念形成一个闭环。</p> <p>从科学思维角度：运用类比思想，静电力做功与重力做功类比、电势差与高度差类比、等势面与等高线类比。本章的学习一直在伴随着类比思想，类比可以帮助我们更好的找到新旧知识的联系，有助于我们建立合理的知识结构。在后面的学习中，大家也可以有意识的加以运用。</p>