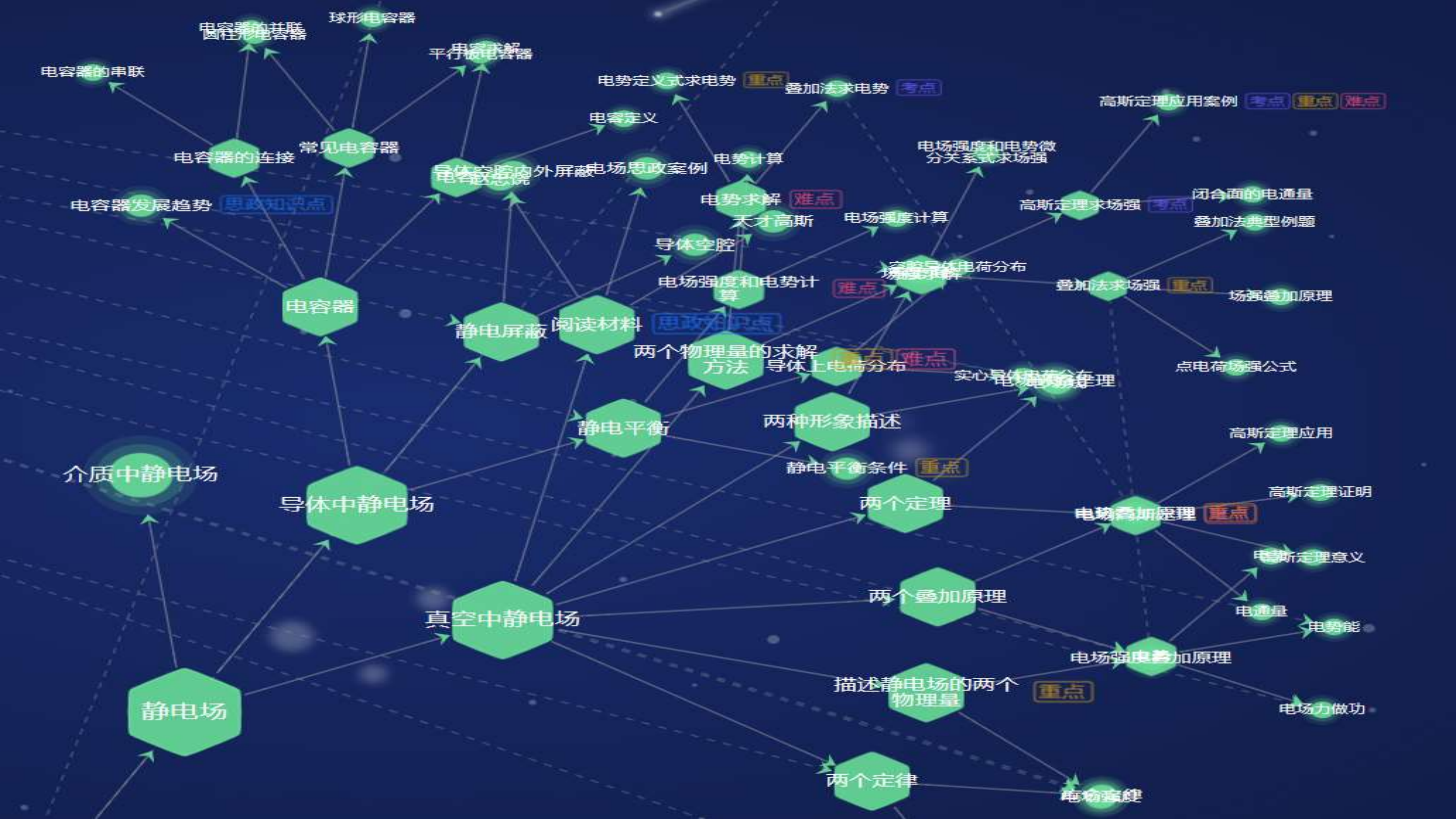
电磁学

矢量的合成
矢量分析
矢量的积分
矢量的微分
矢量合成的解析
静电场
介质中静电场
导体中静电场
真空中静电场
电磁学
稳恒电流
稳恒磁场
磁场的性质
磁场的作用
求磁场的方法
电磁感应
阅读材料
自感与互感
感生电动势
动生电动势
电磁感应定律
磁悬浮列车的发展

第 六 章

静 电 场



静电场
介质中静电场
导体中静电场
真空中静电场
电容器
电容器的连接
常见电容器
电容器发展趋势
思政知识点
电容器的串联
球形电容器
电容定义
静电屏蔽
阅读材料
思政知识点
电场思政案例
静电平衡
导体空腔
两个物理量的求解方法
导体上电荷分布
难点
两种形象描述
静电平衡条件
重点
两个定理
两个叠加原理
描述静电场的两个物理量
重点
两个定律
电势定义式求电势
重点
叠加法求电势
考点
电势计算
电势求解
难点
天才高斯
电场强度计算
电场强度和电势计
算
难点
电场强度和电势微
分关系式求场强
高斯定理应用案例
考点
重点
难点
高斯定理求场强
考点
闭合面的电通量
叠加法典型例题
叠加法求场强
重点
场强叠加原理
点电荷场强公式
高斯定理应用
高斯定理证明
重点
电通量
电势能
电场力做功

教学基本要求

一　掌握描述静电场的两个基本物理量——电场强度和电势的概念，理解电场强度 $\vec{E}$ 是矢量点函数，而电势V 则是标量点函数.

二　理解静电场的两条基本定理——高斯定理和环路定理，明确认识静电场是有源场和保守场.

三　掌握用点电荷的电场强度和叠加原理以及高斯定理求解带电系统电场强度的方法；能用电场强度与电势梯度的关系求解较简单带电系统的电场强度.

第6章 静电场小结：

基本理论

1.掌握两个基本物理量$\vec{E}$、U的定义。

2.掌握两个基本规律-库仑定律、叠加原理。

3.掌握两个基本定理-高斯定理、环路定理。

$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_o} \sum q_i$（有源场） $\oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$（保守场）

4.两个形象描述

5.两个物理量的求解

基本问题

1.掌握求 $\vec{E}$ 的三种方法

(1)由点电荷场强公式及叠加原理求场强。

(2)由高斯定理求场强（场强分布要具有对称性）。

(3)由场强和电势的微分关系求场强（已知电势分布）

$$\vec{E}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r \qquad \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{1}{\varepsilon_o}\sum q_i \qquad \vec{E}=-\nabla V$$

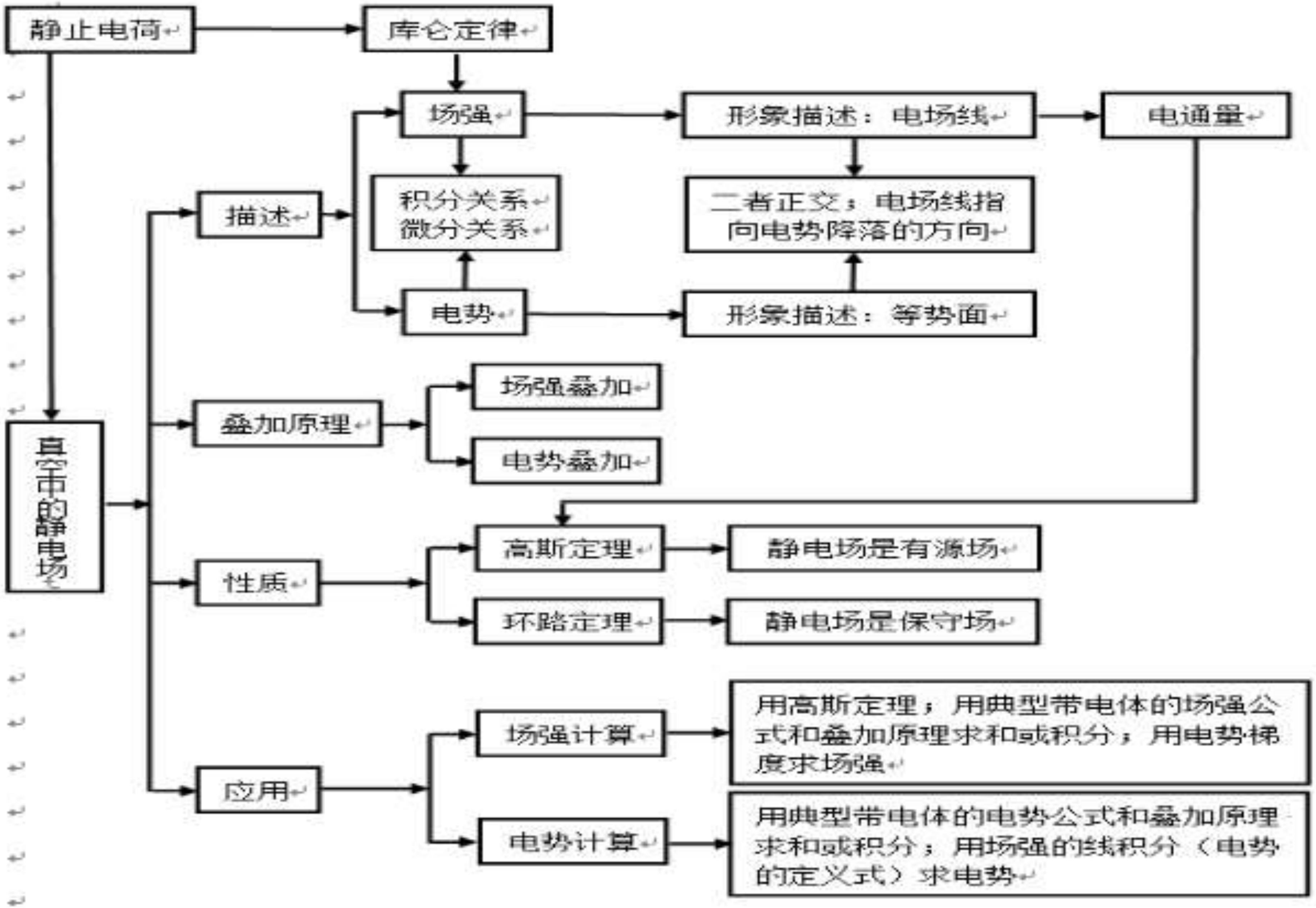
2.掌握求V的两种方法

(1)由点电荷电势公式及叠加原理求电势。

(2)已知场强分布，由电势的定义式求电势。

$$V=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r} \qquad V_A=\int_A^{"0"}\vec{E}\cdot d\vec{l}$$

静电场


静止电荷
库仑定律
场强
形象描述：电场线
电通量
积分关系
微分关系
二者正交；电场线指向电势降落的方向
电势
形象描述：等势面
描述
叠加原理
场强叠加
电势叠加
真空中的静电场
性质
高斯定理
静电场是有源场
环路定理
静电场是保守场
应用
场强计算
用高斯定理；用典型带电体的场强公式和叠加原理求和或积分；用电势梯度求场强
电势计算
用典型带电体的电势公式和叠加原理求和或积分；用场强的线积分（电势的定义式）求电势

典型带电体的场强公式

均匀带电球面

球面内 $E=0$

均匀带电球体

内 $E=\dfrac{qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}$

球面、球体外（同球心上点电荷） $E=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

均匀带电无限长直线 $E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

方向垂直于直线

均匀带电无限大平面（单） $E=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

方向垂直于平面

典型带电体的电势公式

均匀带电球面

球面内（同球面上） $U=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

球面外（同球心上点电荷） $U=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

典型带电体的场强公式（续）

均匀带电无限长圆柱面

内 $E=0$

外 $E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$ （同均匀带电无限长直线）

两个均匀带电无限大平面

之间 $E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$

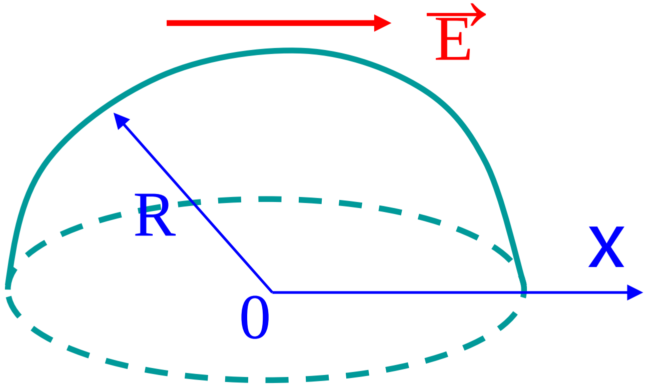
之外 $E=0$

讨论1

电场强度为$\vec{E}$的均匀电场，$\vec{E}$的方向与ox轴正向平行，穿过半径为R的半球面的电场强度通量为：

（A） $\pi R^2 E$ （B） $\frac{1}{2}\pi R^2 E$

（C） $2\pi R^2 E$ （D） 0



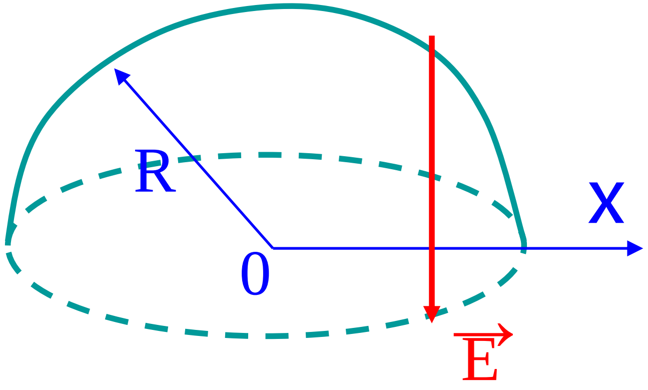
（D）

讨论2

若$\vec{E}$的方向与ox轴垂直并向下，则穿过半球面的电场强度通量为：

（A） $\pi R^2 E$ （B） $-\pi R^2 E$

（C） $-\frac{1}{2}\pi R^2 E$ （D） 0



$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \int_{S半球面} \vec{E}\cdot d\vec{S} + \int_{S底面} \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_o}\sum q_i = 0$$

（B）

作业

补充作业6-1，2（第一种方法）

6-8　两个同心球面的半径分别为R_1 和R_2 ，各自带有电荷Q_1和Q_2 .求：
(1) 各区域电势分布，并画出分布曲线；
(2) 两球面间的电势差为多少？

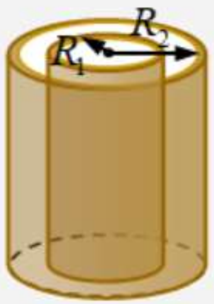
补充作业6-3，4

6-9

期中考试

9

如图所示，两个“无限长”的、半径分别为R_1和R_2的共轴圆柱面均匀带电，轴线方向单位长度上的带电量分别为λ_1 和λ_2， 则在两圆柱面外面、距离轴线为r处的P点的电场强度大小[　　]



A、 $\dfrac{\lambda_1+\lambda_2}{2\pi\varepsilon_0 r}$

B、 $\dfrac{\lambda_1}{2\pi\varepsilon_0 R_1}+\dfrac{\lambda_2}{2\pi\varepsilon_0 R_2}$

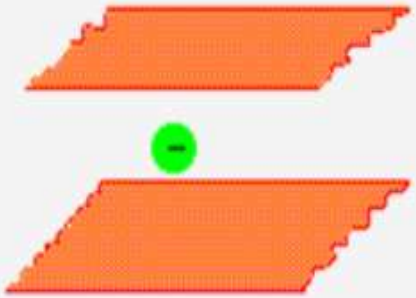
C、 $\dfrac{\lambda_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1}$

D、 0

答案：A

10

1.如图所示, 一带负电的油滴在两个带电的水平放置的大平行金属板之间保持稳定; 若油滴获得了附加的负电, 要维持油滴稳定应采取怎样的措施? [ ]



A、 使金属板互相靠近些

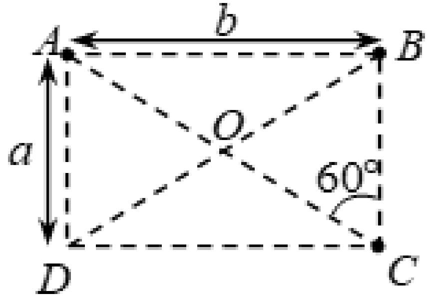
B、 改变板上电荷的正负极

C、 使油滴离正电板远一些

D、 减小两板之间的电势差

答案：D

10. 如图所示，边长分别为 a 和 b 的矩形，其 A、B、C 三个顶点上分别放置三个电量均为 q 的点电荷，则中心 O 点的场强和方向分别为：



A. $\dfrac{q}{\pi\varepsilon_0(a^2+b^2)}$，由 O 指向 D；

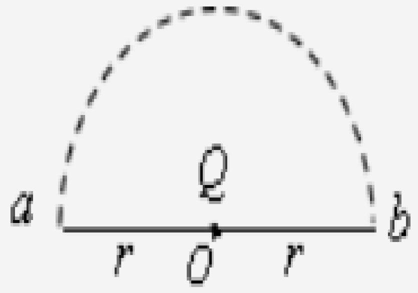
B. $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0(a^2+b^2)}$，由 D 指向 O；

C. $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0(a^2+b^2)}$，由 O 指向 D；

D. $\dfrac{q}{2\pi\varepsilon_0(a^2+b^2)}$，由 D 指向 O；

答案：A

15 真空中有一点电荷Q,在与它相距为r的a点处有一试验电荷q。现使试验电荷q从a点沿半圆弧轨道运动到b点,如图所示。则电场力对q作功为________J。



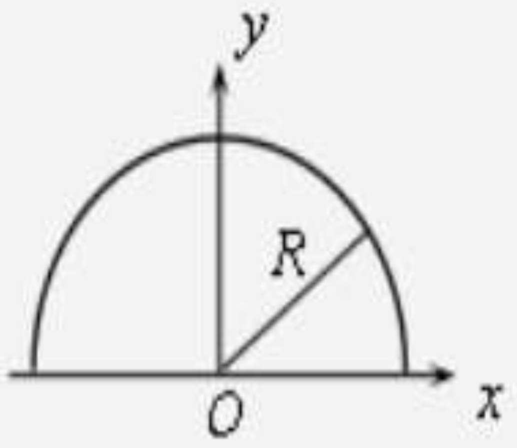
答案：0

20

如图所示，将一均匀带电细棒弯成半径为R的半圆形，细棒带有电量Q，试求：

(1) 圆心O点处的电场强度；

(2) 设无穷远处为电势零点，圆心O处的电势。



解：(1) $dE=\dfrac{dq}{4\pi\varepsilon_0 R^2}=\dfrac{Qd\theta}{4\pi^2\varepsilon_0 R^2}$ 2分

$dE_x=-dE\cos\theta$，$dE_y=-dE\sin\theta$ 1分

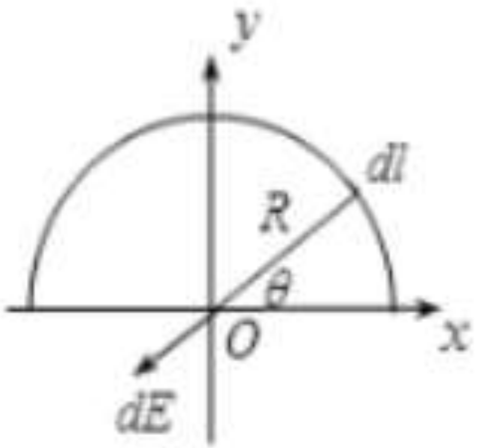
$E_x=-\int dE\cos\theta=0$ 1分

$E_y=-\int dE\sin\theta=-\dfrac{Q}{4\pi^2\varepsilon_0 R^2}\int_0^{\pi}\sin\theta d\theta=-\dfrac{Q}{2\pi^2\varepsilon_0 R^2}$

2分

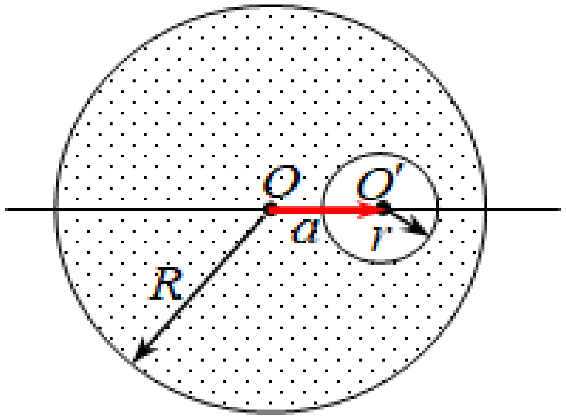
(2) $dU=\dfrac{dq}{4\pi\varepsilon_0 R}$ 2分

$U=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0 R}\int dq=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$ 2分



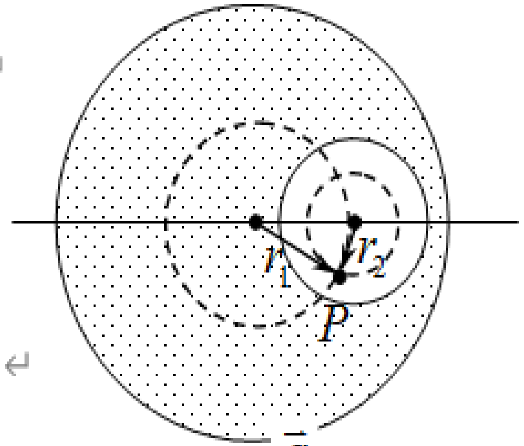
去年

5.在半径为 R，电荷体密度为 ρ 的均匀带电球内，若保持电荷分布不变,在该球体中挖去半径为 r 的一个小球体，球心为 O'，若两球心间 $O \to O'$ 用矢量 $\vec{a}$ 表示，证明：空腔中任意点的电场强度为 $\vec{E}=\dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{a}$。（8 分）



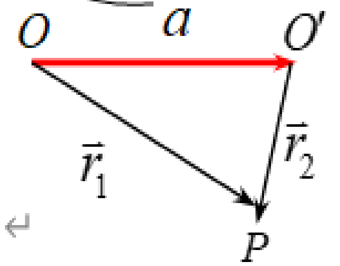
4．解：利用代偿法，将没有电荷的小球看成同时

放置了$\pm\rho$的电荷，再考虑对称性，有高斯定理$\oiint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{S内} q_i$



（1）以O为圆心，过空腔内任意点P点作一个半径为r_1的高斯面。

有：$4\pi r_1^2 \cdot E_1 = \dfrac{\rho\cdot\frac{4}{3}\pi r_1^3}{\varepsilon_0}$ 有：$E_1 = \dfrac{\rho r_1}{3\varepsilon_0}$，矢量形式为$\vec{E}_1 = \dfrac{\rho \vec{r}_1}{3\varepsilon_0}$；



（2）以O'为圆心，过空腔内任意点P点作一个半径为r_2的高斯面。

有：$4\pi r_2^2 \cdot E_2 = \dfrac{-\rho\cdot\frac{4}{3}\pi r_2^3}{\varepsilon_0}$ 有：$E_2 = \dfrac{-\rho r_2}{3\varepsilon_0}$，矢量形式为$\vec{E}_2 = \dfrac{-\rho \vec{r}_2}{3\varepsilon_0}$；

考虑到$\vec{r}_1 - \vec{r}_2 = \vec{a}$ 有：$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{a}$。

1. 静电场的性质如何？求解电场强度和电势的方法各有哪些？举例说明几种方法如何搭配使用？

答：静电场的性质有高斯定理 $\oiint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i$，揭示它是有源场；

环路定理 $\oint_l \boldsymbol{E}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}=0$，揭示它是无旋场。

求解电场强度的三种方法：

(1) 由点电荷场强公式及叠加原理求场强。 $\vec{E}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r$

(2) 由高斯定理求场强（场强分布要具有对称性）。 $\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{1}{\varepsilon_o}\sum q_i$

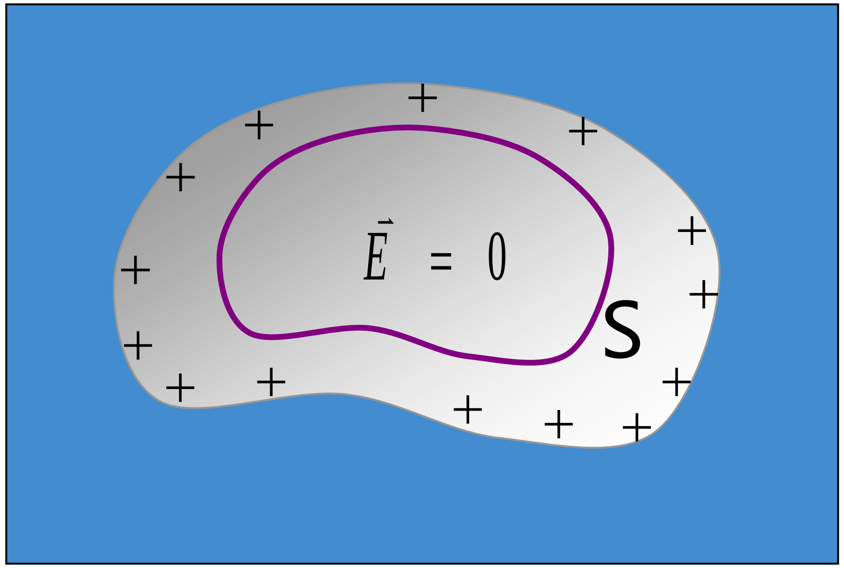
(3) 由场强和电势的微分关系求场强（已知电势分布） $\vec{E}=-\nabla V$

静电平衡时导体上的电荷分布

1. 在静电平衡下，导体所带的电荷只能分布在导体的外表面，导体内部没有净电荷。

$$\boxed{\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n} q_i^{\text{in}}}$$

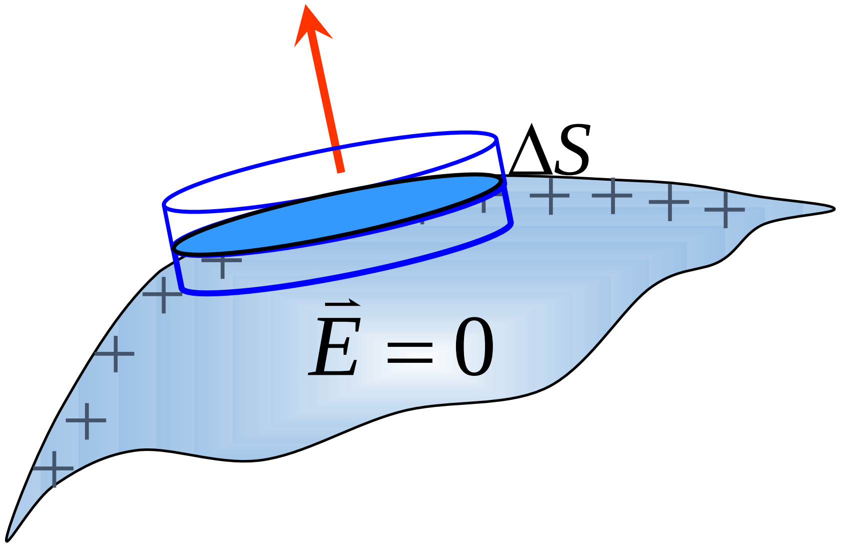
$$\vec{E} = 0 \quad \Rightarrow \quad \sum q_i = 0$$



结论： 导体内部没有净电荷，电荷只能分布在导体外表面。

2. 导体表面的电荷面密度与其邻近处电场强度的关系

作圆柱形高斯面

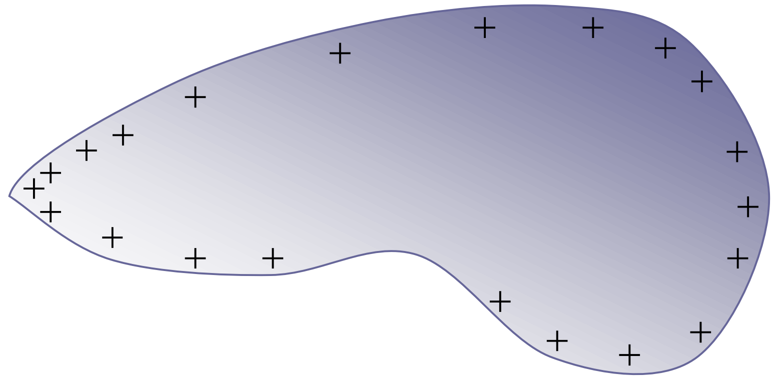


$$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = E\Delta S = \frac{\sigma \Delta S}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$$

——处于静电平衡的导体，其表面上各点的电荷密度与表面邻近处场强的大小成正比。

3. 静电平衡下的孤立导体，其表面处电荷密度σ 与该表面曲率有关，曲率（1/R）越大的地方电荷密度也越大，曲率越小的地方电荷密度也越小。



$$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$\sigma\uparrow E\uparrow;\sigma\downarrow,E\downarrow$$

去年

5 【单选题】一平行板电容器,两极板相距d, 对它充电后把电源断开,然后把电容器两极板之间的距离增大到2d,如果电容器内电场边缘效应忽略不计则

A、电容器的电容增大一倍

B、电容器所带的电量增大一倍

C、电容器两极板间的电场强度增大一倍

D、储存在电容器中的电场能量增大一倍

期中考试

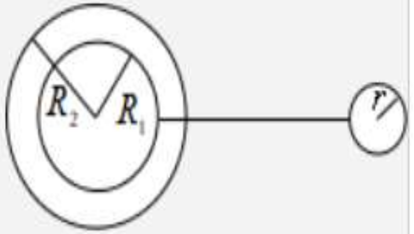
19

半径分别为R_1和R_2（$R_2>R_1$）的两个同心导体薄球壳，分别带电量Q_1和Q_2，求：

(1) 电场强度分布:

(2) 在内球壳 R_1 内任一点处的电势;

(3) 如图所示，今将内球壳 R_1 用细导线与远处半径为r的导体球相连，导体球原来不带电，试求相连后导体球所带电量q 。



解：(1) 由高斯定理

$$\Phi_e = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}$$ ………………… 1 分

$E_{\mathrm{I}} = 0$ ……… $r < R_1$ ………………………… 1 分

$E_{\mathrm{II}} = \dfrac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ …… $R_1 < r < R_2$ ……………… 1 分

$E_{\mathrm{III}} = \dfrac{q_1 + q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ …… $r > R_2$ ……………… 1 分

（2）

R_1 在该点处的电势 …… $U_1 = \dfrac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1}$ ……………… 1 分

R_2 在该点处的电势 …… $U_2 = \dfrac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$ …………………… 1 分

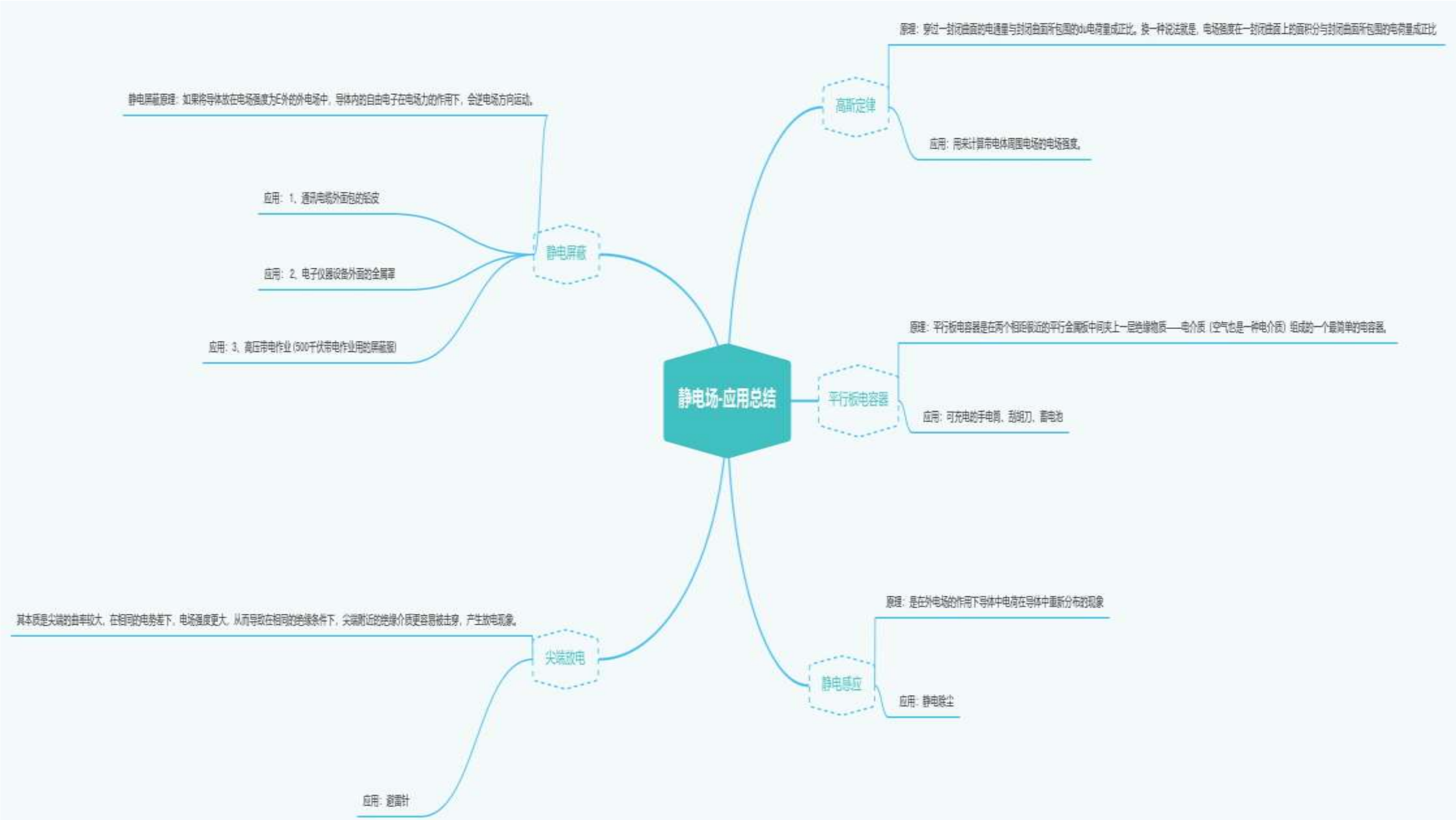
该点处的总电势为 … $U = U_1 + U_2 = \dfrac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1} + \dfrac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$ ………… 1 分

(3) 连接后 r 带电 q，R_1 带电 $Q_1 - q$，且两者电势相等，此时 R_1 的电势和 r 的电势分别为

…… $U_{R_1} = \dfrac{Q_1 - q}{4\pi\varepsilon_0 R_1} + \dfrac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$ …， $U_r = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ …………… 1 分

两者相等，解得 $q = \dfrac{r(R_2 Q_1 + R_1 Q_2)}{R_2(R_1 + r)}$ …………………… 2 分

应用思维导图

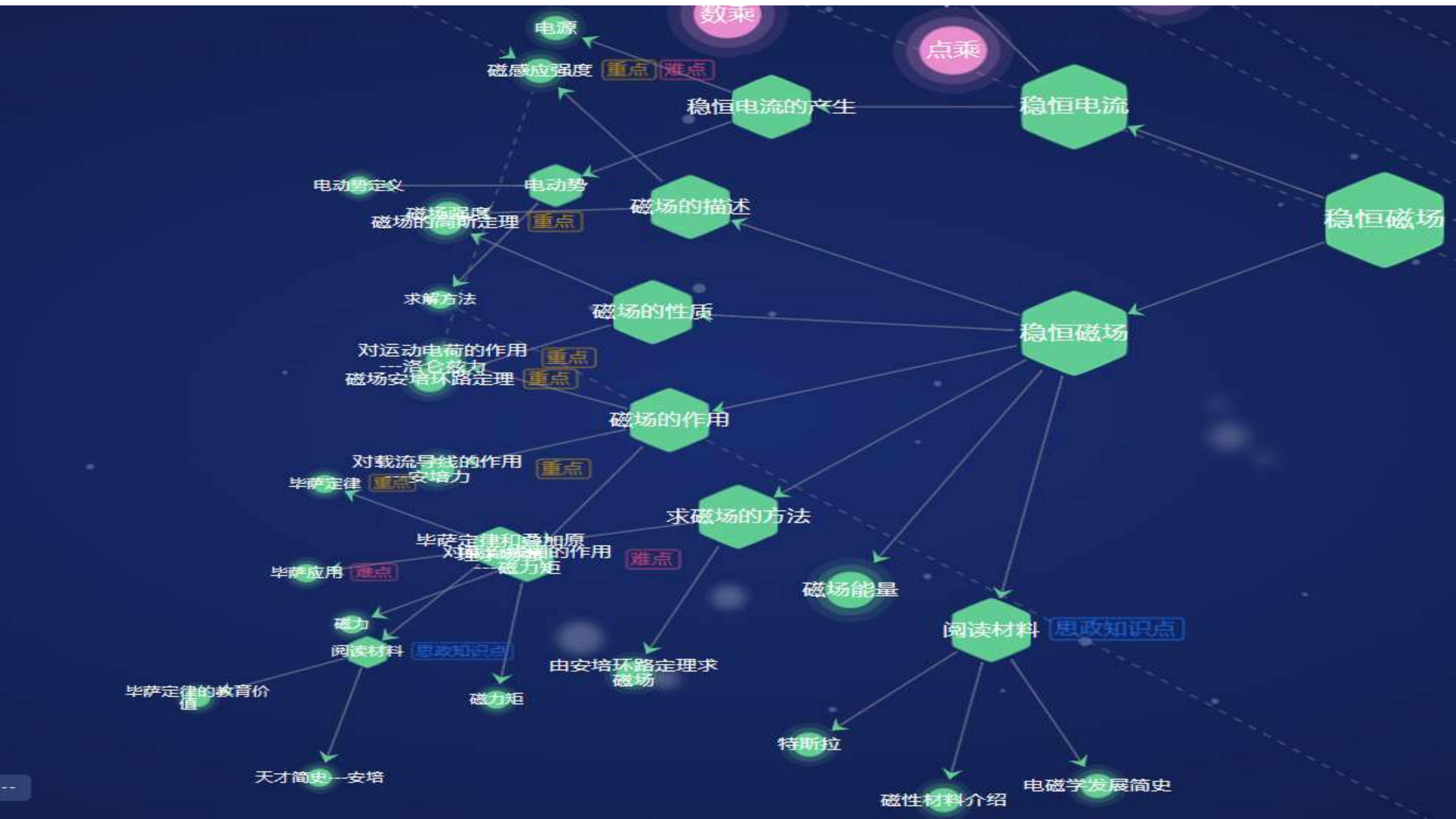


静电场-应用总结
高斯定律
原理：穿过一封闭曲面的电通量与封闭曲面所包围的电荷量成正比。换一种说法就是，电场强度在一封闭曲面上的面积分与封闭曲面所包围的电荷量成正比
应用：用来计算带电体周围电场的电场强度。
静电屏蔽
静电屏蔽原理：如果将导体放在电场强度为E外的外电场中，导体内的自由电子在电场力的作用下，会逆电场方向运动。
应用：1、通讯电缆外面包的铅皮
应用：2、电子仪器设备外面的金属罩
应用：3、高压带电作业 (500千伏带电作业用的屏蔽服)
平行板电容器
原理：平行板电容器是在两个相距很近的平行金属板中间夹上一层绝缘物质——电介质（空气也是一种电介质）组成的一个最简单的电容器。
应用：可充电的手电筒、刮胡刀、蓄电池
尖端放电
其本质是尖端的曲率较大，在相同的电势差下，电场强度更大，从而导致在相同的绝缘条件下，尖端附近的绝缘介质更容易被击穿，产生放电现象。
应用：避雷针
静电感应
原理：是在外电场的作用下导体中电荷在导体中重新分布的现象
应用：静电除尘

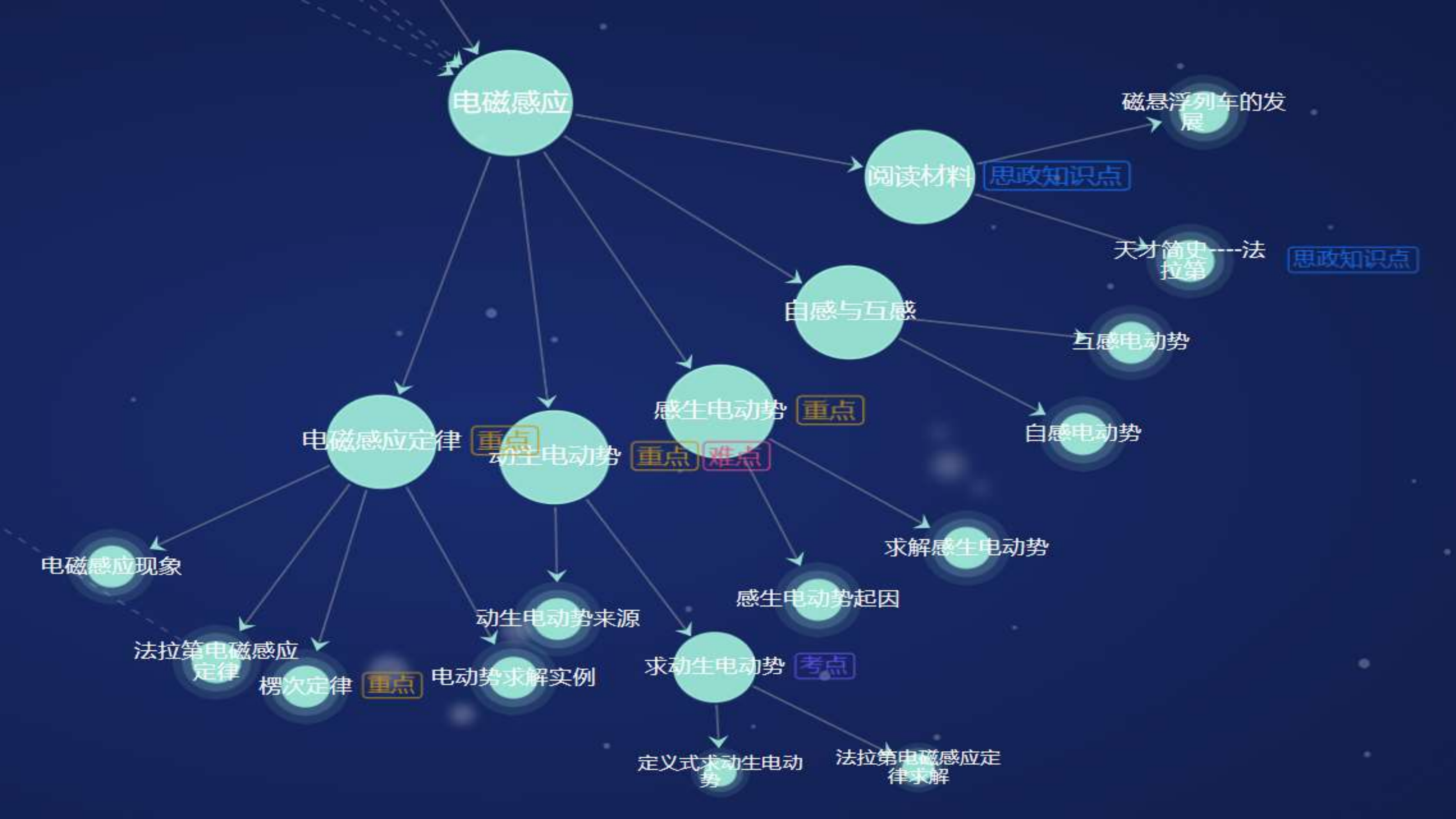
第 七 章

恒 定 磁 场

电磁感应



数乘
点乘
电源
磁感应强度
重点
难点
稳恒电流的产生
稳恒电流
电动势定义
电动势
磁场的描述
稳恒磁场
磁场强度
磁场的高斯定理
重点
求解方法
磁场的性质
稳恒磁场
对运动电荷的作用
---洛仑兹力
重点
磁场安培环路定理
重点
磁场的作用
对载流导线的作用
安培力
重点
毕萨定律
重点
求磁场的方法
毕萨定律和叠加原理
对载流线圈的作用
---磁力矩
难点
毕萨应用
难点
磁场能量
磁力
阅读材料
思政知识点
阅读材料
思政知识点
毕萨定律的教育价值
磁力矩
由安培环路定理求磁场
特斯拉
天才简史---安培
磁性材料介绍
电磁学发展简史


电磁感应
阅读材料
思政知识点
磁悬浮列车的发展
天才简史----法拉第
思政知识点
自感与互感
互感电动势
自感电动势
感生电动势
重点
电磁感应定律
重点
动生电动势
重点
难点
电磁感应现象
法拉第电磁感应定律
楞次定律
重点
电动势求解实例
动生电动势来源
求动生电动势
考点
感生电动势起因
求解感生电动势
定义式求动生电动势
法拉第电磁感应定律求解

教学基本要求

一　理解恒定电流产生的条件，理解　电流密度和电动势的概念.

二　掌握描述磁场的物理量——磁感强度的概念，理解它是矢量点函数.

三　理解毕奥 - 萨伐尔定律，能利用它计算一些简单问题中的磁感强度.

四　理解稳恒磁场的高斯定理和安培环路定理.理解用安培环路定理计算磁感强度的条件和方法.

五　理解洛伦兹力和安培力的公式 ，能分析电荷在均匀电场和磁场中的受力和运动.了解磁矩的概念.

教学基本要求

六 掌握并能熟练应用法拉第电磁感应定律和楞次定律来计算感应电动势，并判明其方向.

七 理解动生电动势和感生电动势的本质.了解有旋电场的概念.

八　了解磁场具有能量和磁能密度的概念, 会计算均匀磁场和对称磁场的能量.

九　了解位移电流和麦克斯韦电场的基本概念以及麦克斯韦方程组（积分形式）的物理意义.

第7章　稳恒磁场小结提纲

1.掌握描述磁场的基本物理量$\vec{B}$。

2.掌握描述磁场的基本定理和定律。

(1)毕—萨定律　$d\vec{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{Id\vec{l}\times\vec{e}_r}{r^2}$

(2)安培环路定理　$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_o\sum I$　—非保守场

(3)高斯定理　$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=0$　—无源场(涡旋场)

3.理解安培力和洛仑兹力

$$d\vec{F}=Id\vec{l}\times\vec{B}\qquad \vec{F}_m=q\vec{v}\times\vec{B}$$

4.理解带电粒子在电场和磁场中的运动以及霍尔效应

基本问题

1.求磁感应强度

(1)由毕—萨定律、叠加原理求解

（熟记 有限长直导线、圆环、圆弧磁场公式）

(2)由安培环路定理求解（条件：电流分布有对称性）

（熟记 无限长直导线、螺绕环、长螺线管磁场公式）

2.安培力、洛仑兹力的计算

(1)载流导线在磁场中受力 $\vec{F}=\int_L Id\vec{l}\times\vec{B}$

(2)载流线圈在磁场中受力矩 $\vec{m}=NI\vec{S}$ $\vec{M}=\vec{m}\times\vec{B}$

(3)带电粒子在磁场中受力

$\vec{v}\perp\vec{B}$ 圆周运动（R、T）

$\vec{v}$和 $\vec{B}$之间夹角为θ 螺旋线（R、T、d）

电磁感应小结提纲

1.理解法拉第电磁感应定律和楞次定律。

2.掌握动生电动势、感生电动势

3.了解麦克斯韦方程组。

基本问题

动生电动势和感生电动势的计算

动生： $\varepsilon_i = \int_L (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \qquad \varepsilon_i = -\dfrac{d\Phi}{dt}$

感生： $\varepsilon_i = -\dfrac{d\Phi}{dt} \qquad \varepsilon_i = \int_0^L \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$

对无限长螺线管或磁场均匀的圆柱形空间：

$r < R$时 $E_k = -\dfrac{1}{2} r \dfrac{dB}{dt} \qquad r > R$时 $E_k = -\dfrac{R^2}{2r} \dfrac{dB}{dt}$

典型载流导体、带电体的公式对比（一）（真空中）

典型载流导体的磁感应强度	典型带电体的场强
电流元 $\mathrm{d}\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,\mathrm{d}\vec{l}}{r^2}\times\vec{r}_0$	电荷元 $d\vec{E}=\frac{dq\vec{r}_0}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
载流直导线 $B=\frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$ 方向与电流方向成右螺旋关系	
无限长载流直导线 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ 方向与电流方向成右螺旋关系	均匀带电无限长直线 $E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$ 方向垂直于直线

典型载流导体、带电体的公式（续）（真空中）

典型载流导体的磁感应强度	典型带电体的场强
圆线圈圆心处 $B=\dfrac{\mu_0 I}{2R}$ 方向与圆电流成右手螺旋	均匀带电细圆环圆心处 E=0
无限长直螺线管、细螺线环 内： $B=\mu_0 nI$ 外： $B=0$	

无限长均匀载流圆柱形导体

内：$B=\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$（内：与离开轴线的距离r成正比）

外：$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$（外：与无限长载流直线的磁场相同）

麦克斯韦电磁场方程的积分形式

$$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{s} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

—— 静电场为有源场

$$\oint_l \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{s}$$

—— 变化磁场激发涡旋电场

$$\oint_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{s} = 0$$

—— 磁场为无源场

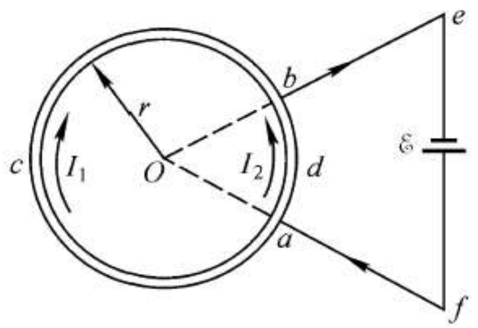
$$\oint_l \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \int_S \left(\mu_0 \vec{j}_c + \mu_0\varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right)\cdot \mathrm{d}\vec{s}$$

—— 传导电流与变化电场激发涡旋磁场

作业

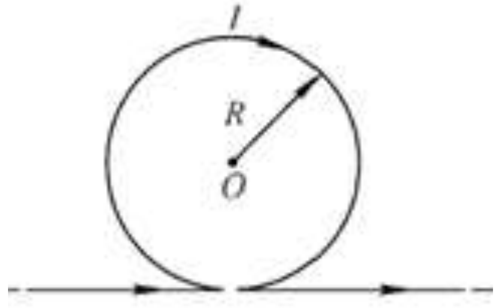
7-8 如图所示，有两根导线沿半径方向接触铁环的a、b 两点，并与很远处的电源相接。求环心O的磁感强度．

$$B = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I_1 l_1}{4\pi r^2} - \frac{\mu_0 I_2 l_2}{4\pi r^2} = 0$$



题 7－10 图

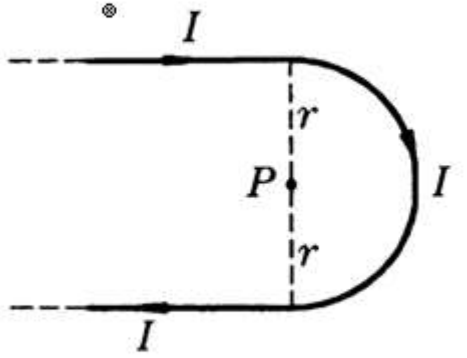
7-9 如图，载流导线弯成（a）、（b）所示的形状，求图中P点的场强和方向。



解：（a） 根据毕 - 萨定律知，通电直导线在其延长线上的场强为0，P点场强仅为竖直半无限长载流直导线所激发：

$$B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R} - \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$ 方向垂直于纸面向内

（b） P点场强由两半无限长载流直导线及半个圆周载流导线所激发，根据右手定则知其所激发磁场方向均为垂直于纸面向里：



$$B = 2 \times \frac{\mu_0 I}{4\pi r} + \frac{1}{2} \times \frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{\mu_0 I}{4r}(1 + \frac{2}{\pi})$$

7 —10 已知10 mm^2 裸铜线允许通过50 A 电流而不会使导线过热．电流在导线横截面上均匀分布．求：（1） 导线内、外磁感强度的分布；（2） 导线表面的磁感强度．

7-10 解 （1） 围绕轴线取同心圆为环路L，取其绕向与电流成右手螺旋关系，根据安培环路定理，有

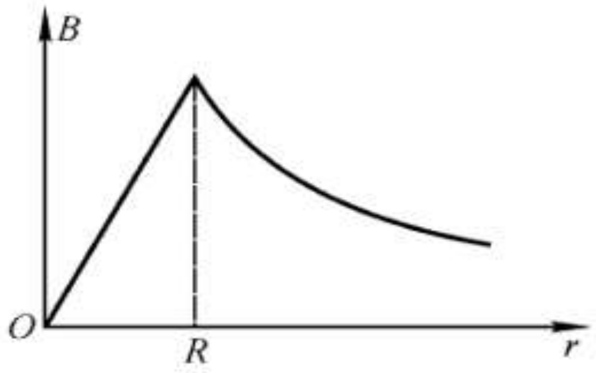
$$\oint \boldsymbol{B}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = B\cdot 2\pi \mathrm{r} = \mu_0 \sum I$$

在导线内$r<R$， $\sum I = \frac{I}{\pi R^2}\pi r^2 = \frac{\pi r^2}{R^2}$， 因而

$$B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$$

在导线外$r>R$，$\sum I = I$，因而

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$



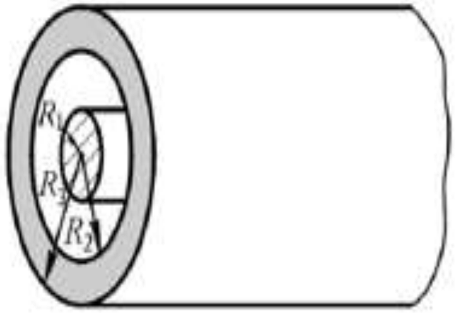
题 7－16 图

磁感强度分布曲线如图所示．

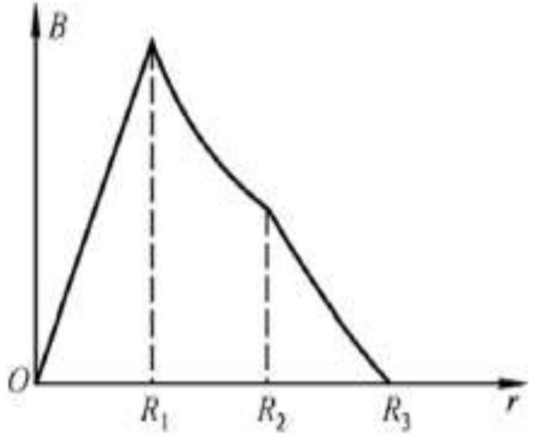
（2） 在导线表面磁感强度连续，由I ＝50 A，$R=\sqrt{s/\pi}=1.78\times 10^{-3}$ m，得

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = 5.6\times 10^{-3}\ \mathrm{T}$$

7 －11 有一同轴电缆，其尺寸如图（a）所示．两导体中的电流均为I，但电流的流向相反，导体的磁性可不考虑．试计算以下各处的磁感强度：（1） $r<R_1$ ；（2） $R_1<r<R_2$ ；（3） $R_2<r<R_3$ ；（4） $r>R_3$ ．画出$B-r$ 图线．

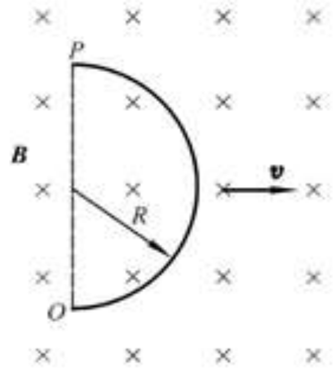


（a）



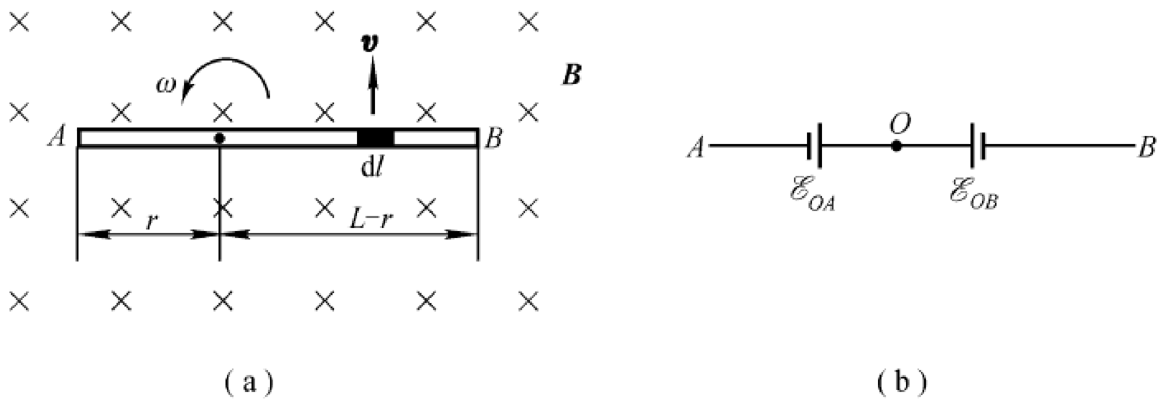
（b）

7 －14 如图（a）所示，把一半径为R的半圆形导线OP置于磁感强度为$\boldsymbol{B}$的均匀磁场中，当导线以速率v水平向右平动时，求导线中感应电动势E的大小，哪一端电势较高？



(a)

7 —15 长为L的铜棒，以距端点r 处为支点，以角速率ω绕通过支点且垂直于铜棒的轴转动. 设磁感强度为B的均匀磁场与轴平行，求棒两端的电势差.



题 8 – 11 图

7-15 解1 如图（a）所示，在棒上距点O为l处取导体元dl，则

$$E_{AB}=\int_{AB}(\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B})\cdot d\boldsymbol{l}=\int_{-r}^{L-r}-\omega lB\,dl=-\frac{1}{2}\omega lB(L-2r)$$

因此棒两端的电势差为

$$U_{AB}=E_{AB}=-\frac{1}{2}\omega lB(L-2r)$$

当$L>2r$时，端点A处的电势较高

解2 将AB棒上的电动势看作是OA棒和OB棒上电动势的代数和，如图（b）所示．其中

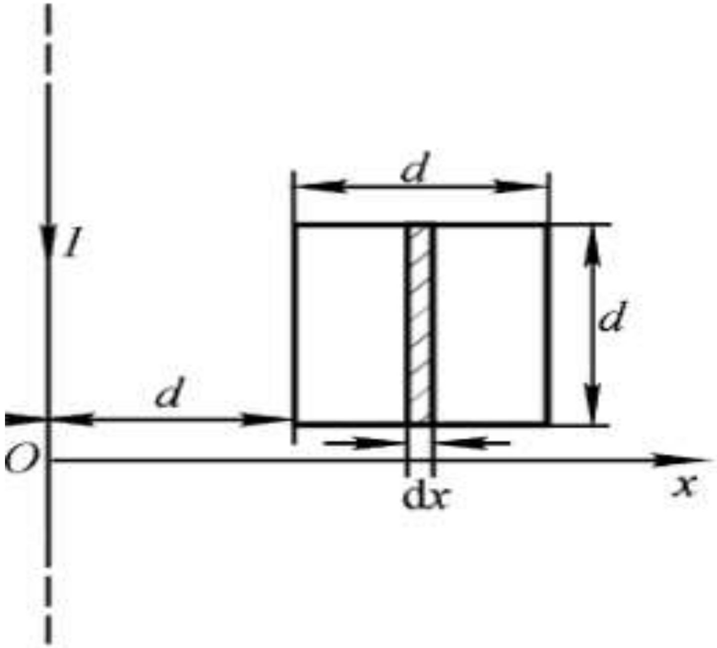
$$\left|E_{OA}\right|=\frac{1}{2}B\omega r^2,\left|E_{OB}\right|=\frac{1}{2}\omega B(L-r)^2$$

则

$$E_{AB}=\left|E_{OA}\right|-\left|E_{OB}\right|=-\frac{1}{2}\omega BL(L-2r)$$

作业

7 —13　载流长直导线中的电流以 $\frac{dI}{dt}$ 的变化率增长．若有一边长为d 的正方形线圈与导线处于同一平面内，如图所示．求线圈中的感应电动势．



7-13 解　穿过面元 d S 的磁通量为

$$\mathrm{d}\Phi = \boldsymbol{B} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} d\mathrm{d}x$$

因此穿过线圈的磁通量为

$$\Phi = \int_d^{2d} \frac{\mu_0 I d}{2\pi x} \mathrm{d}x = \frac{\mu_0 I d}{2\pi} \ln 2$$

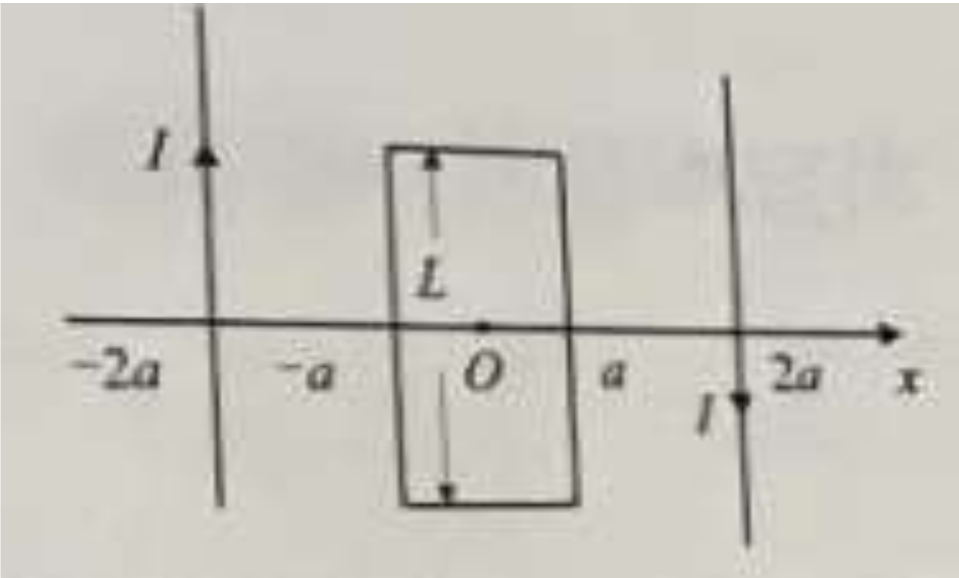
再由法拉第电磁感应定律，有

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = \left(\frac{\mu_0 d}{2\pi} \ln \frac{1}{2}\right) \frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$$

补充作业7-1

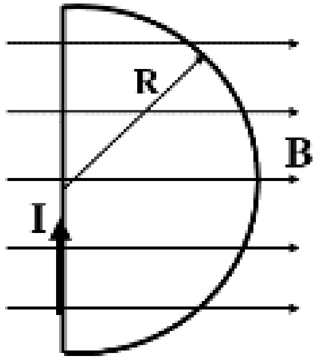
两平行长直导线相距 $4a$，每根导线载有电流 I，如图所示建立坐标系．求：

(1) x 轴上任一点处的磁感应强度；(2)通过图中矩形方框的磁通量．



补充作业7-2

半径 R 的半圆形闭合线圈，载有电流 I ，放在均匀磁场 $\boldsymbol{B}$ 中，磁场方向与线圈面平行，如图所示。求：(1)此时线圈所受磁力矩；(2)若线圈受磁力矩的作用转到线圈平面与磁场垂直的位置，则磁力矩作功为多少？

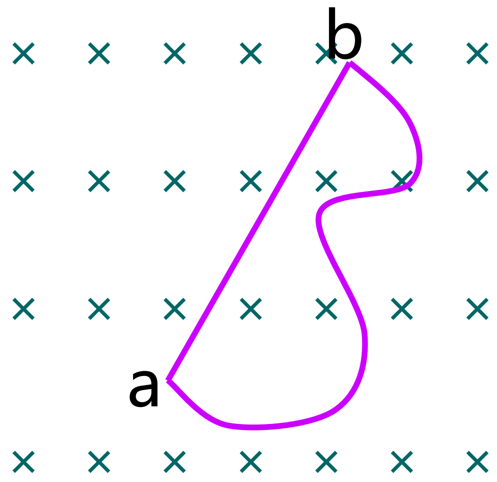


讨论

一根导线弯成平面曲线放在均匀磁场B中，绕其一端a以角速率ω逆时针方向旋转，转轴与B平行，则整个回路电动势为____0____，ab两端的电动势为____$-\frac{1}{2}\omega B\overline{ab}^2$____，a点的电势比b点的电势____高____。

$$\varepsilon_{ab}=\int_L(\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}$$

$$=\int_a^b-\omega Bldl=-\frac{1}{2}\omega B\overline{ab}^2$$



电动势的方向：b - a

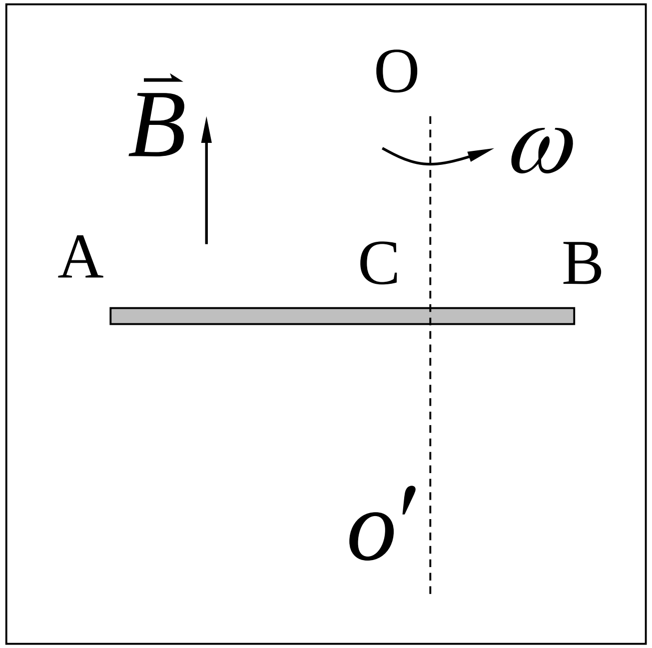
例 如图，导体棒 AB 在均匀磁场中绕通过 C 点的垂直于棒长且沿磁场方向的轴 OO' 转动（角速度 ω 与 $\vec{B}$ 同方向），BC 的长度为棒长的1/3，则

★（A）A点比B点电势高

（B）A点与B点电势相等

（C）A点比B点电势低

（D）由稳恒电流从A点流向B点



例 若用条形磁铁竖直插入木质圆环，则环中

（A）产生感应电动势，也产生感应电流

（B）产生感应电动势，不产生感应电流

（C）不产生感应电动势，也不产生感应电流

（D）不产生感应电动势，产生感应电流