

电磁学A第八次作业

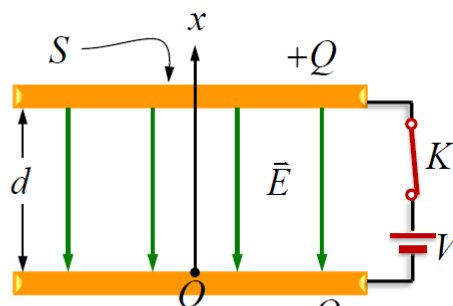
2022年4月21日

Question 1

【例】真空平行板电容器，极板面积 S ，极板相距 d ，极板带电量为 Q ，求带正电极板所受的静电力。

【解】设两极板距离为 x ，则

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} QV \quad \text{where } C = \frac{\epsilon_0 S}{x}$$

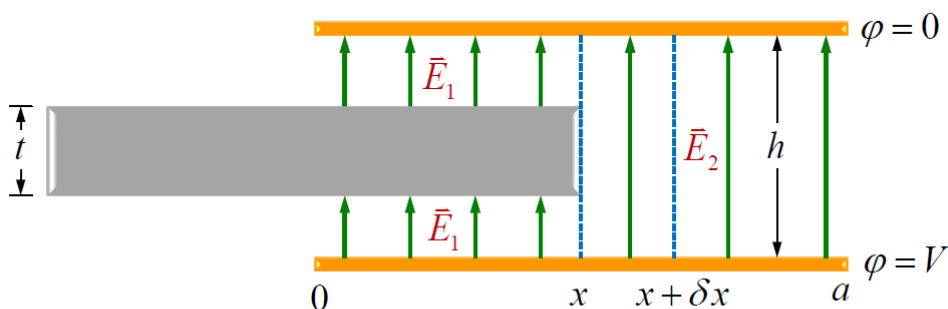


使用三种方法求解（受力分析， Q 不变虚拟过程， V 不变虚拟过程）。

Question 2

【例】平行板电容极板间距为 h 、极板大小为 $a \times b$ 。试计算长为 a 、厚度为 $t < h$ 的金属板插入电容器中的距离为 x 时，金属板受力。已知极板间电压为 V 。

设用能量方法计算力时，边缘效应可以忽略。

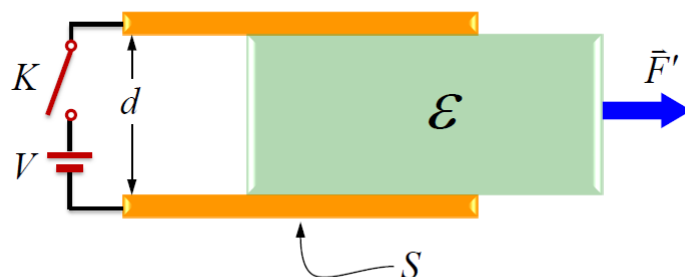


$$E_1 = \frac{V}{h-t}, \quad E_2 = \frac{V}{h}$$

Question 3

【例】 一平行板电容器两极板的面积都是 S ，相距为 d ，中间充满相对介电常数为 ϵ_r 的介质，接通开关，使电容器充电到电压为 V ，略去边缘效应。

- (1) 断开电源，把介质板抽出，试问需要做多少功？
- (2) 不断开电源的情况下抽出介质板，则需做多少功？



Question 4

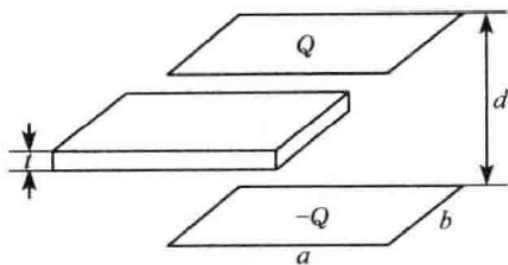
求极化强度为 P 的均匀极化电介质球的静电能、宏观静电能和极化能。

Question 5

课后习题 3.7-3.12; 3.14

- 3.7 半径为 a 的导体圆柱外套有一个半径为 b 的同轴导体圆筒, 长度都是 l , 其间充满介电常量为 ϵ 的均匀介质, 圆柱带电为 Q , 圆筒带电为 $-Q$, 略去边缘效应.
- (1) 在半径为 r ($a < r < b$) 处, 电场能量密度是多少?
 - (2) 整个介质内的电场总能量 W 是多少?
 - (3) 试证明: $W = Q^2 / (2C)$, C 是圆柱和圆筒间的电容.
- 3.8 圆柱形电容器由一根长直导线和套在它外面的共轴导体圆筒构成. 设导线的半径为 a , 圆筒的内半径为 b . 证明: 电容器所存储的能量有一半是在半径为 $r = (ab)^{1/2}$ 的圆柱体内.
- 3.9 由两共轴金属圆柱构成一空气电容器, 设空气击穿场强为 E_b , 内外导体圆柱半径为 R_1 , R_2 , 导体单位长度带电量为 λ_e . 在给定 R_2 和保证空气介质不致击穿的前提下, 应当如何选择 R_1 , 使得
- (1) 两导体间的电势差最大?
 - (2) 电容器的储能最大?
 - (3) 当空气击穿的场强 $E_b = 3 \times 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, $R_2 = 1 \text{ cm}$ 时, 分别计算在 (1) 和 (2) 两种选择方案下电容器的极大电势差.
- 3.10 一球形电容器, 内球壳的外半径为 R_1 , 带电量为 Q ; 外球壳的内半径为 R_2 , 带电量为 $-Q$. 求 (1) 二球壳各自的自能, (2) 二球壳之间的互能, (3) 系统的总能量.
- * 3.11 长为 L 的圆柱形电容器由半径为 a 的内芯导线与半径为 b 的外部导体薄壳所组成, 其间填满了介电常量为 ϵ 的电介质. 把电容器与电势为 V 的电池相连接, 并将电介质从电容器中拉出一部分. 当不计边缘效应时, 要维持电介质在拉出位置不动, 需施多大的力? 此力沿何方向?
- * 3.12 如习题 3.12 图所示, 一平行板电容器的两极板都是长为 a 宽为 b 、面积为 $S = ab$ 的长

方形金属片, 两片相距为 d , 分别带有电荷 Q 和 $-Q$. 一块厚为 t 、相对介电常量为 ϵ_r 的均匀介质片 (面积和宽度都与极板相同) 平行地放在两极板间, 并沿着长度方向部分抽出. 略去边缘效应, 证明: 当介质片在极板间的长度为 x 时, 把它拉向原来位置的静电力为

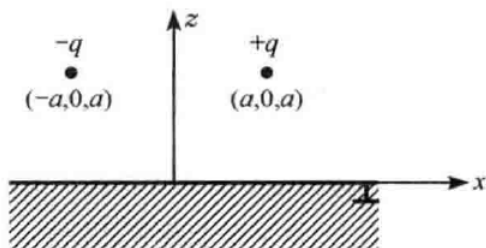


习题 3.12 图

$$F = \frac{Q^2 b (d - t') t' d}{2\epsilon_0 [S(d - t') + xbt']^2}$$

式中, $t' = (\epsilon_r - 1)t / \epsilon_r$.

- * 3.14 如习题 3.14 图所示, 在接地导体 $z = 0$ 平面的上方 $(x, y, z) = (a, 0, a)$ 和 $(-a, 0, a)$ 处分别有点电荷 $+q$ 和 $-q$.
- (1) 求作用在 $+q$ 上的作用力;
 - (2) 为了得到这样一个电荷系统, 求反抗静电力所做的功;
 - (3) 求点 $(a, 0, 0)$ 处的电荷面密度.



习题 3.14 图