第四次作业第二题

姓名：汪家俊 学号：34010625 日期：20180424

2, 证明电偶极矩为P的偶极子,放在电场E中的静电能为:. 请分析一下液态水的介电常数会随着电场的增加而变化吗? 如果有变化请给出表达式和相关物理量的估计, 并说明随着电场增加, 极化强度矢量如何变化?

解：

电偶极矩：

其中，由负电荷指向正电荷

设电场E中的电势分布为：

已知一个位置为，电量为q的正电荷在电场E中的电势能为：

令电偶极子中的正电荷位置为，负电荷位置为，之间关系为：

有：

电偶极子在外电场E中的电势能为：

讨论 ，因为很小，可理解为：

考虑空间直角坐标系

令，所以：

即：

根据电场与电势之间的关系：

得：

介电常数为：

介质中，极化强度与电场的关系为：

其中：，表示电极化率

可得：

在分子中：

定义极化强度为：

其中，是分子平均偶极矩

所有水分子都有固定的偶极矩，方向为空间任意方向。没有外加电场E时，热扰动下的水分子无规则运动，故没有净偶极矩，加一个外电场时，水分子偏向于电场方向排列，且在其排列结构下，总体能量最小。因此，这里将会有平均偶极矩的出现。

令水分子哈密顿量为：

其中，与分子自身有关

统计力学中，在相空间中粒子分布概率是哈密顿量的函数，对于经典系统有：

其中，是Boltzmann factor

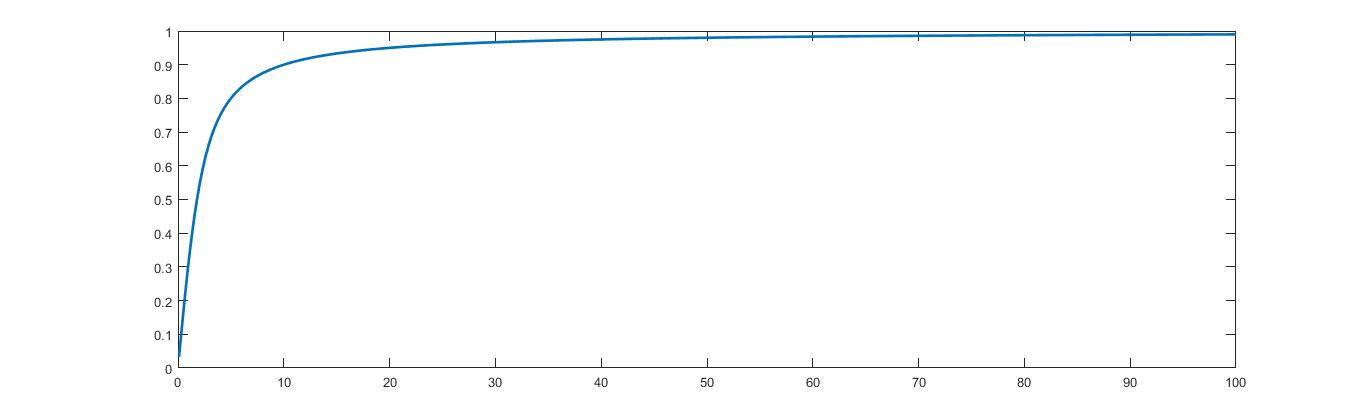
结合以上两式可得平均偶极矩为：

其中，选择沿z轴正向

所以：

所以，极化强度大小与电场的大小之间的关系为：

以为横坐标，为纵坐标画图：



该曲线的斜率为:

斜率随着的增大而减小，且，当时，

即：

令为常数，随着电场的增大，的比值越来越小

对于

随着电场的增大，介电常数越来越小，最终等于1

从上式，及所画出的图可以知道：随着电场强度的增大，电极化强度也增大。