**1、简要描述一下气体放电和等离子体中常见的概念以及物理意义，比如德拜长度、鞘层、等离子体频率等。**

1. **等离子体定义**：等离子体是由大量且等量的正负电荷和中性粒子组成的表现出集体行为的一种准中性气体，一般也称之为物质的第四态。其中，准中性强调的是等离子体中的含有等量的正电荷和负电荷，集体行为是说如果在等离子体中某处受到干扰，会导致局部的电荷运动，正负电荷的局部分离会产生电场，电荷运动产生的电流也会产生磁场，然后这些场会影响其他部位带电粒子的运动，最终表现出一种集体的振荡行为。可以根据等离子体判据判定等离子体是否是等离子体：

(1)

(2)

(3)

其中，公式（1）表示德拜长度远远小于等离子体容器的尺寸，公式（2）用于判定等离子体的集体行为，表示以德拜长度为半径所构成的球体内的带电粒子数，公式（3）中*ω*表示典型的等离子体振荡频率，*τ*表示带电粒子与中性原子碰撞的平均时间。

1. **德拜长度**：等离子体的集体行为决定了当外部电极插入其中时，会立刻有大量电荷集中到电极附近，这些电荷会将外部电极产生的电场屏蔽，这种屏蔽称之为德拜屏蔽，德拜屏蔽的尺度称为**德拜长度**，计算公式：

其中*K*为玻尔兹曼常数，*T*e为电子温度，*n*为等离子体数密度，*e*为元电荷数。

1. **鞘层**：对于有界等离子体，在等离子体界面，会有大量的电子聚集，原因在于等离子体中电子的质量远远小于离子，其运动速度快，先到达界壁聚集，界壁上负电荷积累到一定程度后形成一个负电场排斥后面过来的离子，最终在靠近界壁的一个薄层形成一个很薄的正电荷区，这个薄正电荷区域称为鞘层。鞘层厚度受界壁的电位、电子温度以及等离子体密度影响，其厚度一般为德拜长度的数十倍或者上百倍。
2. **等离子体频率**：这是由等离子体的集体行为引发的一种振荡行为，当等离子体受到某种扰动后会引发正负电荷的分离，正负电荷分离会本来是希望抑制这种扰动，但是电荷分离后局部会有电场和磁场的形成，最终这种扰动会延伸至等离子体其他区域，最终形成周期性的振荡，其**振荡频率**为：

**2、简要介绍一下常用的等离子体的模拟方法。**

1. **流体模拟**：将等离子体看成一种含有大量带电粒子的流体，从宏观角度研究等离子体大范围、长时间的性质，将微观得到的输运系数等作为已知条件，数值求解磁流体方程。由于电子和离子的质量差别非常大，对外加各种场的响应速度也会存在巨大差别，最终导致离子和电子的运动速度存在显著差异。为了避免双流体模拟带来的时间尺度问题，目前流体模拟采用准中性假设，电子被认为是无质量的流体，电场通过电导率模型来得到，因此流体模拟的电导率模型成为流体模拟结果准确性的前提。这种方法虽然求解精度相对较差，但是运算过程简单，计算时间短。
2. **粒子模拟**：这种方法希望尽可能真实的模拟等离子体中带电粒子的运动，即跟踪大量单个微观粒子在热、力、电、磁等环境中的复杂运动，统计平均，得到等离子体的宏观特性。和流体模拟相比，粒子模拟方法更加直接，避免了采用流体近似造成的计算失真。而且，对于有界等离子体，会存在鞘层，鞘层不满足准中性条件，不能采用流体模型进行模拟，采用粒子模拟是最合适的。但是，真实世界的等离子体是由数量巨大的粒子所组成，计算机无法跟踪每一个粒子的运动模拟真实世界，为此在粒子模拟中会采用一种巨粒子的形式去模拟，这是大量真实粒子的集合。这样处理会增加金碰撞效应的数量。这种方法求解精度相对更高，但是需要大量的计算时间。
3. **混合模拟**：混合模拟方法建立在前面两种模拟方法之上，将二者结合，其中对等离子体中的离子和原子依旧采用粒子模拟方法，对电子则采用流体模拟方法。这种方法的求解时间介于二者之间。