**1.解：**设在时刻，外金属球壳上所带的净电荷为，则根据电荷守恒定律，内金属球上所带的净电荷为。

内外金属球之间的电势差为

内外金属球之间的总电阻为

根据欧姆定律

又根据电流的定义式

于是

已知在初始状态下，外金属球壳上所带的净电荷为，即，解得

故时刻介质中的电流为

距离球心处的电流密度为

电场强度的大小为

电介质的热功率密度为

电荷重新分布过程中的焦耳热为

**证明：**（假设金属球壳外的介电常数为）原有电场中储存的静电能为

电荷重新分布后即时，外球壳上的净电荷为，内金属球上的净电荷为，金属球壳和金属球内由于静电屏蔽不存在电场，静电场中储存的静电能为

因电荷重新分布而减少的静电能为

故

即电荷重新分布过程中产生的焦耳热与因电荷重新分布而减少的静电能相等。

**2.（1）解：**设平行板电容器极板的正对面积为。由电荷守恒定律得，通过上层电介质的电流和通过下层电介质的电流相等

即

即

电容器两极电势差即为其极板间电场对位移的积分

以上两式联立解得

方向均为垂直极板，且由正极板指向负极板。

**（2）解：**设通过电容器的电流为。

上层电介质的电阻与下层电介质的电阻分别为

上下两层电介质可以视为串联，故电介质的总电阻为

根据欧姆定律，通过电容器的电流为

**（3）解：**设两个电介质分界面上的总电荷密度为。在电介质分界面上作一个底面平行于极板，且面积等于，高垂直于极板，且趋向于的圆柱面。根据高斯定理

解得两个电介质分界面上的总电荷密度为

**（4）解：解法一：**

上层电介质在分界面上的极化电荷密度为

下层电介质在分界面上的极化电荷密度为

故分界面上的自由电荷密度总电荷与极化电荷之差为

**解法二：**

直接根据电介质中的高斯定理

即

解得

**3.解：**可以。

“形式与万有引力一样”：意思应该是指这种力的大小与万有引力一样与产生场的源的量成正比，与施力物体和受力物体的距离的平方倒数成正比，方向为由受力物体指向施力物体，即是一种“吸引”的力。于是这一新定义的引力可以表示为

其中为新定义的引力的源指向的矢量，是比例系数。

产生引力场可以表示为

且新定义的引力场同样满足高斯定理，根据高斯定理，质量长度密度长棒在距离其的点处产生的新定义的引力场为

**对于图中的情况：**

题目中没说，但根据“为了使在这个观察系里面不受到万有引力的作用”这句话推测，图中应当在两根长棒正中间，此外两根蓝色长棒应该是无限长的，且所谓的质量密度应当为质量的长度密度，即的单位为。设与两根长棒的距离各为。

在实验室坐标系中，由于处于两根质量密度相等的长棒的正中间，受到的引力为

**（本题中所有未注明方向的力，若大小为正，则代表方向水平向右，若大小为负，则代表方向水平向左。）**

设。在以速度运动的坐标系中，左边长棒与小球均处于静止状态，而右边长棒以速度运动，根据相对论效应，小球的质量变为，左边长棒的质量密度变为原来的倍，即，右边长棒的质量密度变为原来的倍，即，此时受到的引力为

显然，故必定存在引力磁场。

设在实验室坐标系中，受引力洛伦兹力为，在以速度运动的坐标系中，由于小球静止，故即使存在磁场，也不受引力洛伦兹力，即。

要使引力满足狭义相对论，则

类比磁场，可得

其中。或者联系之前通过高斯定理推导得到的等式引力磁场也可以写成

（与电磁学中的极为相似，其实只要长棒运动速度等于电磁波的速度，两者就完全相同了。）

**（更一般的情况）**综上所述，以速度运动的产生的引力场为

其中为该点指向的矢量。产生的引力磁场为

在这个场中以速度运动的受力为