【题一答案】

（1）（4’）

因而 (4’)

积分可得

(4’)

这个是的情况，当时，易得

(4’)

（2）在球壳中央，电场强度为

(4’)

因而受力上满足

(4’)

解得 (4’)

（3）能量上，满足方程

(4’)

其中，，(4’)

联立可求得 (4’)

（4）再补齐另一半球壳，则其电场必定为零，因而无论是向上微扰还是向下微扰，电场力的变化都是相同的，因而合力的方向也是相同的，运动趋势也相同，但是微扰方向不同，因而该点不可能是稳定平衡位置。(10’)

【题二答案】

由于肥皂泡两个表面，（4’）

对于肥皂泡内气体（4’）

即

（4’）

即（4’）

,

由于，可近似认为（4’）

又（4’）

（4’）

故（4’）

（4’）

由于 可得 ，可近似得：（4’）

【题三答案】

（1）首先我们知道有经典力学推出来的方程解为：(3’)

然后我们将本问中的方程化为r对的微分方程：

(3’)

两边对求微商可得：(2’)

利用u进行无量纲化可得：(3’)

我们对方程进行一阶近似（代入）：(2’)

令满足：(3’)

解得：(3’)

(2’)

将上式进行一阶修正为：(3’)

因此(3’)

（2）同第一问的推导可得光子运动方程：(3’)

我们代入零级近似:可得：(3’)

此方程有一个特解：(3’)

零级解在u=0时方位角为，我们计算一级解为(2’)

代入方程满足：(2’)

我们利用为小量的近似可得：(2’)

因此最终得到光线偏转角为：(3’)

（可见利用广义相对论计算出来的光线偏转角为经典牛顿力学计算出来结果的2倍）

（注第1式与第11式参考解答略去计算过程，考生作答时需要给出具体过程）

【题四答案】

（1）,(2’)

(2)令(此为波函数的一般形式) (2’)

代入原方程可得：(2’)

(2’)

相速度 (2’)

群速度(2’)

(3)很小，将展开后， (2’)

(2’)

由题意：10-5，，(3’)

近似可得：(3’)

(4)由题意得：令

则：(3’)

将原式做变量替换后积分可得： (3’)

（R>r时）(3’)

(R<r时) (3’)

（5）假设导线通过电量，内球壳带电量，外球壳带电量Q-，则由内外球壳电势相等可得：

(3’)

化简可得：(3’)

【题五答案】

（1）如图设



则有

,(8’)

平衡位置处，满足，即有

（6’）

因而可得，平衡位置处

；

(6’)

（2）(4’)

可见时，上式小于零，为不稳定平衡位置；

(4’),

时

可见，若有，这也是稳定平衡位置(4’)

(4’)

因而

(4’)

由能量守恒，可得

令，略去高阶项，分别可得

时

可得出(5’)

时，可得

因此可得(5’)

【题六答案】

（1）地面系上看，有

(4’)

地面系看，2收到信号时

(2’)

2头部发出信号时

(4’)

此时 (4’)

因而1收到信号时

(3’)

1头部收到信号时，时间为

(3’)

由于钟慢，可得

(2’)

（2） (4’)

发出信号后，再经历，2尾部收到信号，满足方程

解得 (4’)

因而 (4’)

头部发出信号的时间为

(4’)

再次被1接收到的时间满足

(4’)

信号再到头部的时间为

(4’)

因而此时头部时钟的读数为

(4’)

【题七答案】

如图建系



刚刚碰后，有

(6’)

接触点速度为

(4’)

因而此时 (2’)

注意到摩擦力只改变y方向的速度和x方向的角速度，因而x方向的相对速度不变，而y方向相对速度改变，因而摩擦力只沿y方向，因而可得

(6’)

而 (2’)

稳定时，有 (4’)

解得 (2’)

有末态 (4’)

（1） (4’)

（2） (2’)

因而可得轨迹方程

(2’)

（3）(2’)