**培尖教育2018年学科竞赛夏令营物理模拟卷（十七）**

**参考答案**

题一.

由玻尔兹曼分布得



由此得



写出内能表达式（包含重力的贡献）



微分分析得



由热力学第一定律得



按定义得



题二.

由能量守恒、动量守恒、狭义相对论能动量关系得



解得



在介子静止的参考系中，两光子的能动量大小为



在实验室参考系中，当两光子和介子的速度方向共线时，速度与介子同向的光子能量最大，速度与介子反向的光子能量最小，由洛伦兹变换得光子能量最值



其中。

题三.

对绳子上一小段微元作受力分析，得



设椭圆上一点对两焦点的张角为，将曲率半径取一阶近似得



将几何关系取一阶近似得



联立得微分方程并取一阶近似得



积分得



题四.

（1）设小球到达圆环最低点时速度为，圆环对其弹力为，记

因为洛伦兹力不做功，由机械能守恒得



由牛顿第二定律得



解得



由牛顿第三定律知小球对圆环的压力即为此，已规定取正时压力方向向下

1. 设任意时刻小球的速度向下的分量为，某一时刻小球与圆环组成的系统在左右方向上的动量大小为，注意到仅有小球所受洛伦兹力的水平分量对系统在左右方向上的动量变化有贡献，则对系统由左右方向的动量定理得



1. 设任意时刻小球与圆环间的相对速度为，则联立上一问的结论、机械能守恒定律并通过“配平方”可得



极易解得



上式括号里面应大于等于零恒成立，故得



此即题给各物理参数间应满足的条件。

题五、

解：分两阶段讨论小球沿斜面的爬高

第一阶段，从开始到小球在斜面刚好达到纯滚动状态

此阶段斜面摩擦力斜向上，是动摩擦力，如图所示，可列方程：

，

，，

，，，

解得

，，

，

刚达到关东时，有



该时刻与球心速度分别为





此阶段小球沿斜面爬升路程为



第二阶段，从刚进入纯滚动状态到小球中心沿斜面向上速度将为零。此过程中斜面对小球必定有向上的静摩擦力，此力一方面使继续减小，同时与重力分力联合使也减小，两者配合，保证小球与斜面接触点速度为零。

可列方程组：







解得



第二阶段小球沿斜面爬升的路程为



最后，小球爬升的高度为



题六.

（1）由静磁场的安培环路定理知外圈钨丝对内圈钨丝无影响，由右手定则结合对称性可判断内圈每根钨丝所受安培力方向指向圆心，设单位长度安培力为，由无限长直载流导线激发的磁感应强度表达式可得



1. 由静磁场的安培环路定理知内圈钨丝在外圈每根钨丝处激发的合磁感应强度等价于将内圈钨丝全部移至圆心而在外圈每根钨丝处激发的磁感应强度，设内圈钨丝提供给外圈每根钨丝的单位长度安培力为，则



设外圈除某根钨丝外剩下的全部钨丝提供给该根钨丝的单位长度安培力为，则



设外圈每根钨丝单位长度所受的安培力为，则



1. 设某时刻内圈钨丝向圆心平移的速度大小为，与圆心距离为，由牛顿第二定律



设内圈钨丝与圆心距离为时的速度大小为，上式两边同乘以并积分得



1. 设两根导线的安培相互作用力为，由毕奥萨法尔定律可得

运用本试卷提供的积分公式（或换元积分法）得



1. 经过详细推导后可知，考虑到钨丝长度有限而进行的修正是二阶小量及更高阶的小量的影响（由题意，可略去），答案即为第（3）小问的答案：



题七.

1. 利用逐次成像法表达，得



1. 考虑一条经过球心穿出球面无折射的光线，由几何关系得平行光束与光轴的夹角



利用上一问的结论化简得



1. 取相对偏差得



题八.

计算吸热，有



计算放热，有



计算循环效率，有

