

中山大学

2019 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

科目代码: 885

科目名称: 普通物理 C

考试时间: 2018 年 12 月 23 日 下午

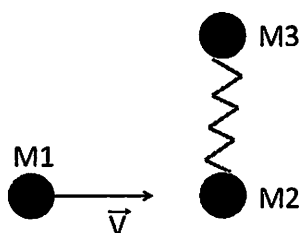
考生须知
全部答案一律写在答题纸
上, 答在试题纸上的不计分! 答
题要写清题号, 不必抄题。

1、碰撞与守恒律 (共 40 分)

质量都为 m 的物体 $M1$ 和 $M2$, $M1$ 的运动速度为 V , $M2$ 静止, 在 $t=0$ 的时刻发生完全非弹性碰撞。

(1) 求碰撞后 $M1$ 和 $M2$ 的运动速度; (10 分)

将 $M2$ 与另一质量亦为 m 的物体 $M3$ 用一个弹性系数为 k 原长为 a 的弹簧连接, $M1$ 以速度 V 与 $M2$ 发生完全非弹性碰撞。碰撞前 V 的方向与弹簧方向垂直, 如图所示。初始时, 弹簧长度为原长, 在碰撞后的运动中, 弹簧最大的长度是 $3a$,



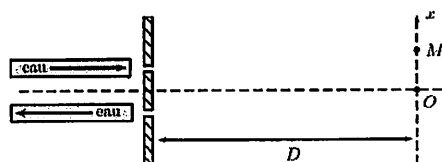
(2) 请写出碰撞发生时和碰撞发生后弹簧长度达到最大时的角动量守恒关系; (10 分)

(3) 请写出碰撞发生时和碰撞发生后弹簧长度达到最大时的能量守恒关系; (10 分)

(4) 请利用 a, k 和 m 表示 V 。(10 分)

2、光的干涉与狭义相对论 (共 50 分)

考虑杨氏双缝干涉, 双缝间距为 $a=10\text{mm}$, 观察屏与双缝的距离为 $D=20\text{m}$, 光源为波长为 585 纳米的单色平面光波。 M 点为观察屏上的任意一点, 其与系统光轴的距离记作 x 。当 M 点的位置满足傍轴条件时, 双缝中的透射光在 M 点的光程差可记作 $\delta = \frac{ax}{D}$ 。



(1) 请计算观察屏上亮条纹的间距。(10 分)

在双缝前各放置长度为 L 的水管, 在其中充入折射率为 n 的水。

(2) 请问干涉条纹是否有变化? 水管中光的传输速度为多少? (10 分)

此时, 假定水在水管中沿相反方向流动 (如图所示), 流动速率为 V_e 。

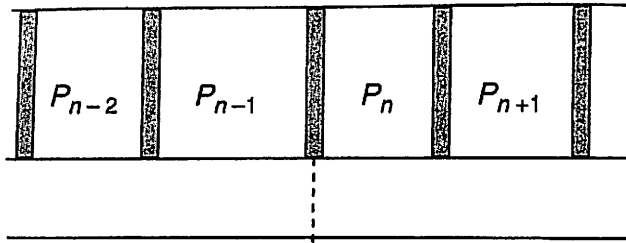
(3) 当经典的速度合成规律成立时, 请问两根水管中光波在实验室坐标系的中速度各是多少? 此时干涉条纹会如何变化? 为什么? (提示: 在经典的情况下光速是指光波在相对于介质静止的坐标系中的速度。)(10 分)

(4) 当狭义相对论速度变换公式成立时, 请问两根水管中光波在实验室坐标系的中速度各是多少? (假定 V 远小于光速, 保留至 1 阶项) (5 分)

(5) 若在实验中测得条纹偏移量约为 0.37 毫米, 代入数值 $n = 1.337, L = 5.0 \text{ m}$ 和 $V_e = 7.0 \text{ m/s}$, 哪种速度合成规律更符合实验结果? 请具体计算。(15 分)

3、理想气体中声波的传输模型 (共 35 分)

如图所示, 在一个横截面积为 S 的气缸中有一系列活塞, 活塞的质量均为 m , 活塞间的第 n 段气体压力为 P_n , 气缸内所有的气体均是理想气体, 在本题所考虑的物理过程都是绝热过程, γ 是气体的等熵指数。在平衡状态下第 n 个活塞处于位置 $x_{n,eq} = na$, a 为平衡时气缸间的间距, 平衡状态时气体压力均为 p_0 。在非平衡状态, 活塞有一个微小的位移 $\xi_n(t)$, 这个位移远小于 a 。



$$x_n = na + \xi_n(t)$$

(1) 请用 p_0, γ, a, ξ_n 和 ξ_{n+1} 为参数, 写出 P_n 的表达式。(提示: 绝热过程理想气体特性) (10 分)

(2) 在 $\xi_{n+1} - \xi_n \ll a$ 时, 写出 P_n 的表达式。(保留一阶项) (5 分)

(3) 写出关于 $\xi_{n+1}(t), \xi_n(t)$ 和 $\xi_{n-1}(t)$ 的微分方程。(提示: 分析第 n 个活塞的受力) (10 分)

(4) 当 a 趋向于 0 时, 写出关于 ξ_n 的波动方程, 并写出波的传输相速度。(提示: 根据导数的定义

$$\frac{(\xi_n(t) - \xi_{n-1}(t)) - (\xi_{n+1}(t) - \xi_n(t))}{a^2} = \frac{\partial^2 \xi_n}{\partial x^2} \text{ (10 分)}$$

4、带电球体的放电 (共 25 分)

一个金属球体半径为 R , 球体带有电荷, 由于球体处于湿润空气中, 球体中的电荷会向空气释放, 总电荷量为 $Q(t)$, 空气的电导率为 γ , 空气可以看作欧姆导体, 即其电流密度与电场强度的关系满足 $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ 。空气中的电荷密度和磁场强度都可看作等于 0。因此空气中的电场强度可以写作 $\vec{E} = E \vec{e}_r$ 。

(1) 以 $Q(t)$ 作为变量, 分别写出空气中电场强度 E 和电流密度 j 。(10 分)

(2) 列出关于 $Q(t)$ 的微分方程。(10 分)

(3) 求解 $Q(t)$, 并写出其放电的特征时间。(5 分)