

大学物理复习讲义

机械波与波动光学习题选讲

余润泽

S'aentzee Groom

email: SaentzeGrm@qq.com

Created at 11.7 2022

(These pages should be left blank.)

目录

1	绪言	1
2	简谐振动与机械波	3
2.1	简谐振动	3
2.1.1	两外星人比赛	3
2.1.2	直角槽与刚性杆	4
2.2	机械波	5
2.2.1	两列波的波强	5
2.2.2	相干波的合成	6
2.2.3	波在介质处反射	7
2.2.4	叠加、驻波、能量	8
3	波动光学	9
3.1	干涉	9
3.1.1	玻璃劈尖	9
3.1.2	牛顿环	10
3.1.3	Youngs 双缝模型	11
3.2	衍射	11
3.2.1	平行光、单缝	11
3.2.2	双缝夫琅禾费衍射	12
3.2.3	光栅	13

Chapter 1

绪言

本文旨在通过具体的习题回顾知识点，同时介绍一些解题思路或技巧. 全文的结构为：简谐振动与机械波部分、波动光学部分. 考虑到部分班级涉及其中小测，会在末尾处 (课堂上有时间会讲) 附部分电磁学的典型习题.

本文最先从简谐振动的习题入手，在熟悉了最基本的物理行为后，由简入繁，逐步过渡到机械波；波动光学部分主要是与机械波相对比，以共性为切入点，突出二者的不同：机械波为“标量波”，光波 (电磁波) 为“矢量波”，后者会产生偏振现象.

Chapter 2

简谐振动与机械波

2.1 简谐振动

2.1.1 两外星人比赛

(选自舒幼生《力学》7-16) 两位外星人 A 和 B 生活在一个没有自传，没有大气、表面光滑的匀质小星球上，有一次他们决定进行一次比赛：从他们所在的位置出发，各自采用航天技术看谁能先到达星球的对径位置。 A 计划穿过星体直径凿一条通道，通过自由下落方式到达目标位置； B 计划沿着紧贴星球表面的空间轨道，像人造卫星一样航行到目标位置。试问 A 与 B 谁会赢得这场比赛？

2.1.2 直角槽与刚性杆

(选自舒幼生《力学》7-56) 在水平光滑细长直角槽中嵌入两个质量相同的小物块 A 和 B ，它们的上表面用长为 l 、质量可忽略的刚性杆铰接，铰接处在 A, B 运动时可无摩擦地自由旋转. 开始时， A, B 与细杆都静止，细杆不平行于任何一条槽，即图 2.1 中的 θ_0 为锐角. 然后沿 x_0 方向给 A 施以冲量，于是 A, B 均会在各自槽中无摩擦地运动.

(1) 试证细杆中点 C 将作圆周运动；

(2) 试证 A, B 各自作简谐振动，并且用 l, θ_0, v_{AO} (A 的初速度大小) 表示周期 T .

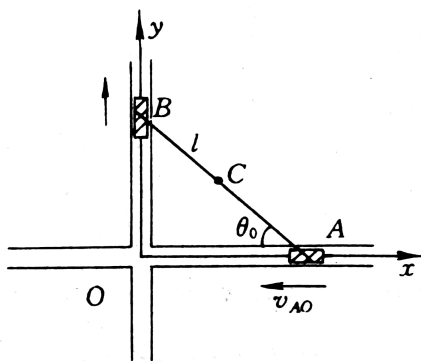


图 2.1 题 2.1.2 示意图

2.2 机械波

2.2.1 两列波的波强

选自《物理学大题典：力学 (1)》3.3.17 两列平面波

$$\begin{aligned}y_1 &= A_1 \cos \left[\omega_1 \left(t - \frac{x}{v} \right) + \alpha_1 \right] \\y_2 &= A_2 \cos \left[\omega_2 \left(t - \frac{x}{v} \right) + \alpha_2 \right]\end{aligned}\tag{2.1}$$

同时在同一介质中传播，分别讨论 $\omega_1 \neq \omega_2$ 与 $\omega_1 = \omega_2$ 两种情况下波强是否等于两波分别单独传播时的波强之和.

2.2.2 相干波的合成

选自《物理学大题典：力学(1)》3.4.20 S_1 、 S_2 是两相干波源，相距 $\frac{1}{4}$ 波长， S_1 比 S_2 相位超前 $\frac{\pi}{2}$. 设两波在 S_1 、 S_2 连线上的强度相同，均为 I_0 且不随距离变化. 问 S_1 、 S_2 连线上在 S_1 外侧各点处的强度 I_1 多大? 在 S_2 外侧各点处的强度 I_2 多大?

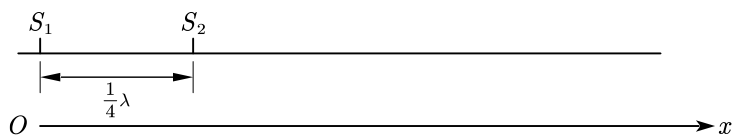


图 2.2 题 2.2.2 示意图

2.2.3 波在介质处反射

选自《物理学大题典：力学(1)》3.4.22 图 2.3 中 O 处有一波源，沿 x 轴向两边发射振幅为 A 、角频率为 ω 的简谐波，波速为 v ， BC 为波密介质的反射面，入射波在此被全反射， BC 位于 $x = -d$ 处，若 $d = \frac{5}{4}\lambda$ ， λ 为波长，求出 $x > -d$ 各处波动的数学表达式. 设波源的初相位为 0.

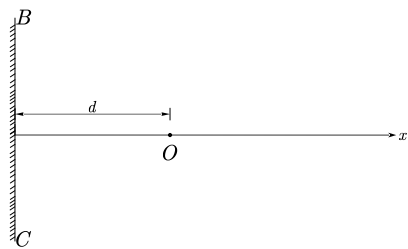


图 2.3 题 2.2.3 示意图

2.2.4 叠加、驻波、能量

选自《物理学大题典：力学 (1)》3.4.23 在弦线上传播的波，其表达式为

$$y = 3 \cos \left[2\pi \left(\frac{t}{0.1} - \frac{x}{10} \right) - \frac{\pi}{2} \right] \quad (2.2)$$

为在弦线上形成驻波，在 $x = 1$ 处形成波节.

- (1) 写出应叠加的波的表达式;
- (2) 写出形成的驻波的表达式;
- (3) 若弦线的线密度为 1.0g/cm ，求相邻两波节之间的总能量.

上述所给表达式中， x 、 y 均以米为单位， t 以秒为单位.

Chapter 3

波动光学

3.1 干涉

3.1.1 玻璃劈尖

选自范淑华等《大学物理同步辅导》13-17 两块平面玻璃，长 25cm，一端用一厚为 0.250mm 的垫片隔开，形成一楔形空气膜.

- (1) 用波长为 $\lambda = 694.3\text{nm}$ 的光垂直照射时，每厘米能观察到多少条纹？
- (2) 将装置放入折射率为 $n = 1.400$ 的乙醇中，每厘米能观察到多少条纹？

3.1.2 牛顿环

选自范淑华等《大学物理同步辅导》13-21 一束由波长分别为 650nm 和 520nm 的两单色光组成的光，垂直入射到牛顿环装置的透镜上，透镜的曲率半径为 0.85m . 如果长波光的第 k 条暗纹与短波光的第 $k + 1$ 条暗纹重合，求这条暗纹的直径，以及此处的膜厚.

3.1.3 Youngs 双缝模型

选自《物理学大题典：光学 (3)》2.8 单色点光源 S 照明双面镜，两镜夹角 φ 非常小，其反射光重叠区域的屏上会产生干涉条纹. 设双面镜棱到屏的距离为 L_0 ，点源到棱距离为 r ，求干涉条纹的距离.

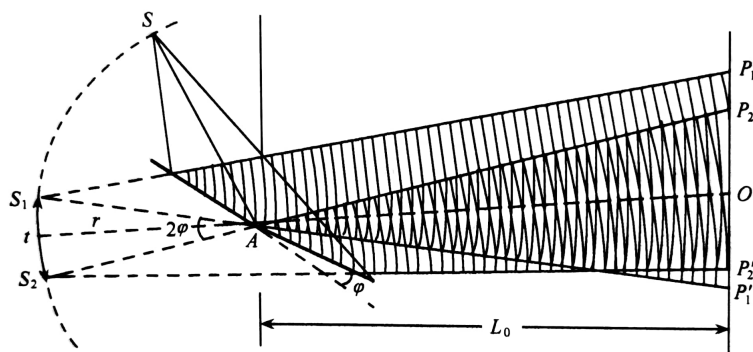


图 3.1 题 3.1.3 示意图

3.2 衍射

3.2.1 平行光、单缝

选自《大学物理习题册》13-T19 一束单色光自远处传来，垂直射到宽度为 $a = 6.00 \times 10^{-1} \text{mm}$ 的狭缝后，射在距缝 $D = 4.00 \times 10 \text{cm}$ 的屏上，距中央明纹中心距离为 $y = 1.40 \text{mm}$ 处是明纹. 求

- (1) 入射光的波长;
- (2) $y = 1.40 \text{mm}$ 处的条纹级数 k ;
- (3) 根据所求得的条纹级数 k ，计算出此光波在狭缝处的波阵面可作半波带的数目.

3.2.2 双缝夫琅禾费衍射

选自范淑华等《大学物理同步辅导》13-38 试证明：双缝夫琅禾费衍射图样中，中央包络线内的干涉条纹为 $(2\frac{d}{a} - 1)$ 条，其中： d 是缝间距， a 是缝宽.

3.2.3 光栅

选自《物理学大题典：光学 (3)》2.83 有两块完全相同的光栅，缝数、缝宽和光栅常数分别为 N ， a 和 d . 现将它们再同一平面上平行放置，对接后两块光栅间相邻两缝的间距为 l (如图 3.2 所示). 当

(1) $l = d$;

(2) $l = 1.5d$;

(3) $l = 2d$

时，分别讨论原来单一光栅 k 级主极强现在将发生什么变化？设平行光正入射照明光栅.

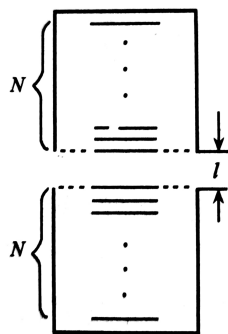


图 3.2 题 3.2.3 示意图