

优秀论文展示 2:

北大附中元培项目论文

关于直线组莫尔条纹性质的初步研究

小组名称：起名不易

小组成员：张茗棋 陈鸣谦 刘杨雯 宋易航 甘家睿

选题方向：物理

指导教师：朱磊克

摘要

本文研究了直线组和网格产生的莫尔条纹的性质，给出了一般情况下直线组莫尔条纹满足的方程。

关键词：莫尔条纹；光学

一、引言

将光栅系数相差不大或完全相同的两个光栅重叠在一起，需要特别说明两光栅的夹角 不应过大。在光照下，它们之间会呈现出一组明暗条纹，称之为莫尔条纹（Moire fring）。效果如下图所示[注]：

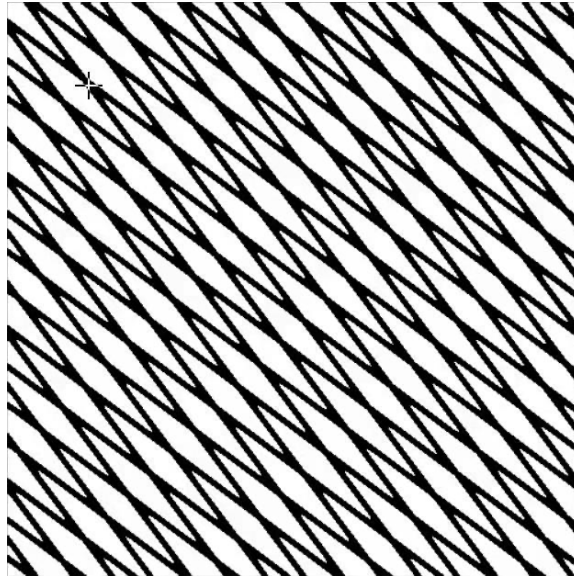


图 1 莫尔条纹的效果

这种现象在日常生活中很容易观察到，重叠在一起的窗帘，纱巾等都会产生此种现象。

二、研究背景

在平时的生活中，多层网格的窗帘上常出现黑色条纹，但我们并不了解其成因。故借此课题的机会，对其进行初步的分析以了解现象与运用现象。

三、研究目的和意义

了解成因以进行后续的实际应用。

四、研究方法

理论分析法、实物模拟法。

五、研究结论

1. 直线组莫尔条纹的性质

为计算简单，笔者将直线光栅简略为两直线组。它们的间距完全一样，且都在同一平面上，空间角度没有弯曲。

首先，假定两组直线

给定全部方程为

$$\begin{cases} ax + by = m \\ cx + dy = n \end{cases}$$

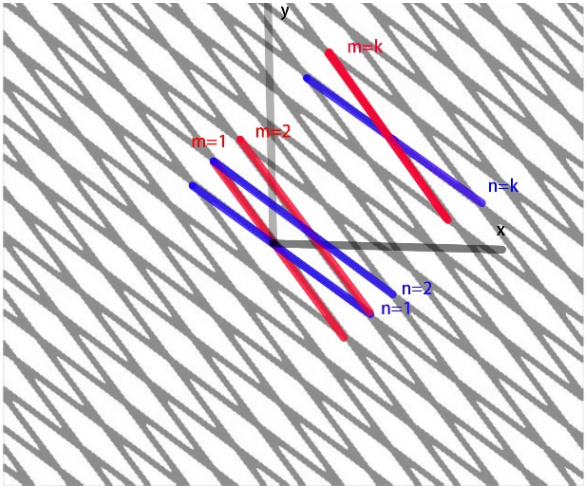


图 2

这两组直线的斜率不同，但是相差不多

$$\begin{cases} a \approx c \\ b \approx d \end{cases}$$

在图 1 中可以看出，莫尔条纹的暗部分是由两条直线的交点形成的。

接下来，笔者研究了莫尔条纹的方程。

取图 1 所示莫尔条纹的一部分如图 2：

从图中可以观察到，方程 $\begin{cases} ax + by = m \\ cx + dy = n \end{cases}$ 在 $m=n$ 时可以解得一系列的点，这些点都在莫尔条纹上，该条纹在图 3 中注明（青色线条）。

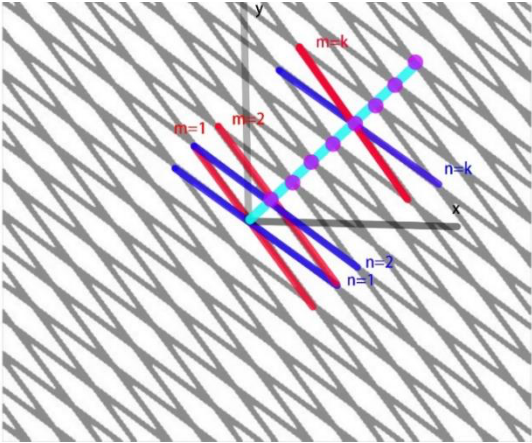


图 3

因为此时 $m=n$ ，所以可以从 $\begin{cases} ax + by = m \\ cx + dy = n \end{cases}$ 中消去 m 来解得此时莫尔条纹的表达式。接下来只需要研究相邻的两条莫尔条纹，就可以解出莫尔条纹组的方程表达式。

考虑如图 4 所示的相邻的两条莫尔条纹。

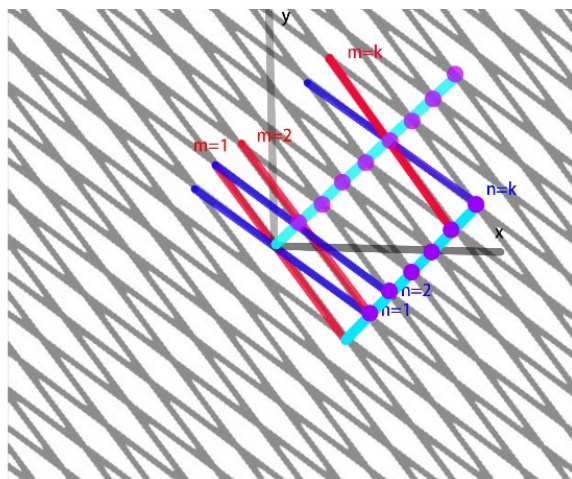


图 4

可以发现，在这条莫尔条纹中， $m=n+1$. 将图 3 中的莫尔条纹视作 $m=n+0$ ，不难发现，莫尔条纹组满足 $m = n + t$ 的关系，其中 t 为正整数。

综上所述，莫尔条纹组满足方程：

$$\begin{cases} ax + by = n + t \\ cx + dy = n \\ t \in Z \end{cases}$$

两式相减，消去 n ，得到： $(a - c)x + (b - d)y = t, t \in Z$

(1)

得出初步结论：莫尔条纹组满足 (1) 式。

对 (1) 求导数，可得斜率 $k = -\frac{(a-c)}{(b-d)}$. 所以可得相邻 ($|t_2 - t_1| = 1$) 的

莫尔条纹的间距 $T = \frac{1}{\sqrt{(a-c)^2 + (b-d)^2}}$.

[注]：图 1、图 2、图 3、图 4 中均取参数 $(a, b, c, d) = (3, 4, 4, 3)$ 。

2. 网格莫尔条纹的性质

将网格视作两直线组的垂直相交，因为它们的斜率相差很大，所以它们之间不会产生莫尔条纹。所以网格产生的莫尔条纹相当于两层直线莫尔条纹的叠加。如图 5 所示。

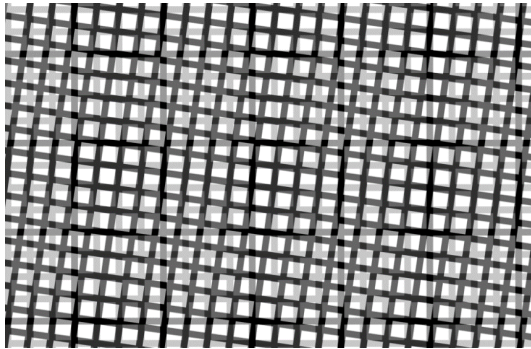


图 5

3. 实物模型设计

(1) 模型一：模拟实际中的条纹形成

1) 模型设计：此模型使用两张相同的硅胶蒸笼布，模拟平时会出现莫尔条纹的网格，以及在网格上形成的莫尔条纹。

2) 实验现象与数据：眼睛距离网格 55CM，相邻条纹之间间隔约 0.8CM，条纹粗约 0.7CM，两个布间距 1.5CM，相邻网格线间距 1mm，形成了如下图所示的条纹。



图 6

(2) 模型二：理论结论验证模拟

1) 模型设计：此模型在两张透明塑料板上画出等距黑色条纹，进行本组

分析出的理论模型的合理性的实际验证。

2) 实验现象与数据：相邻条纹之间间隔约 0.3CM，条纹粗约 0.18CM，形成了如下图所示的条纹。

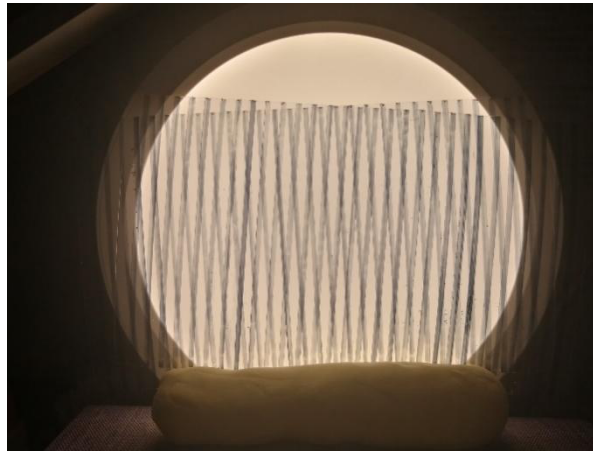


图 7

理论分析的结果与实物模型的模拟大致相符。

参考文献

- [1] 李立本. 莫尔条纹研究[J]. 信阳师范学院学报:自然科学版, 1989, 002(001):56-61.
- [2] 朱江平, 胡松, 唐燕,等. 一种莫尔条纹倾角测量方法:中国,CN201210307793.2[P].2012-11-12
- [3] 李立本. 莫尔条纹研究[J]. 信阳师范学院学报:自然科学版, 1989, 002(001):56-61.
- [4] 陆宽.演播室 LED 大屏摩尔纹问题探究[J]. 通信电源技术, 2020, v.37;No.198(06):251-253+256.
- [5] 王金薇. 波纹的产生和消除[J]. 今日印刷, 2007, 000(002):76.

致谢

感谢学校给我们这次机会进行我们自己感兴趣的选题的探索,感谢老师们在这次项目中对我们的指导与点评,感谢所有组员这段时间的付出,感谢家长们对这次项目的支持。