

中等教育研究開発室年報 第34号 (2021年3月31日発行) 別冊電子版
2020年度 授業実践事例

理科 高等学校第Ⅱ学年

波動 光の性質—偏光—

授業者 梶山 耕成

(校内研究授業)

広島大学附属中・高等学校

高等学校 理科（物理）学習指導案

指導者 梶山 耕成

日 時 2月10日（水） 第3限（10:40～11:30）

場 所 第1物理教室

学年・組 高等学校Ⅱ年 選択 36人（男子17人，女子19人）

単 元 波動 光の性質

- 目 標
1. 光の様々な性質を理解する。（知識・技能）
 2. 光の性質を日常生活と関連づけ、光に関する興味・関心を養う。（主体的に取り組む態度）
 3. 偏光に関する探究活動を行い、偏光についての理解を深め、物理的に探究する態度と能力を高める。（思考・判断・表現）

指導計画（全6時間）

第一次	光の基本的な性質（光の速さ，反射，屈折）	2時間
第二次	光の基本的な性質（光のスペクトルと分散）	2時間
第三次	光の基本的な性質（光の散乱，偏光）	2時間（本時1／2）

授業について

水面波，音，光といった身近な物理現象を用いて，それらに共通する波に関する基本的な性質や法則を見いだす学習を行ってきた。ところで，薄膜の干渉や2重スリットを用いたヤングの実験などのように，光の波長に注目した学習はあるが，光の横波としての性質について注目した内容はこれまで十分なされてこなかった。

そこで，今回，光の偏光現象を素材として電磁場の振幅の変化に注目し，光の横波としての性質を理解するための実験を計画・実施する。偏光については偏光板の向きが光の振動方向と平行、または垂直の2種類の場合についてのみ扱うのが通常であるが，今回，新たに角度メモリをつけた2枚の偏光板を製作し，この装置を使って2枚の偏光板が作る角度とこれらを透過する光の強度との関係を示したマルスの法則（Malus' s law）

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

の検証を行う。この実験を通して，偏光現象と電磁場としての横波の性質を理解し，併せて電磁場の振動方向をベクトルとして扱うことの必要性や有用性に気づき，波への理解が一層深まると考えられる。

題 目 偏光

本時の目標

1. 光の性質の一つである偏光について興味・関心をもつ。（主体的に取り組む態度）
2. マルスの法則について観察・実験を行い，偏光についての理解を深め，物学的に探究する態度と能力を高める。（思考・判断・表現）

本時の評価規準（観点／方法）

1. 観察・実験を通して光の偏光現象を理解する。（知識／実験プリントへの記述）
2. 実験結果を分析，考察することを通して，理解の深化を図る（思考・判断・表現，主体的に取り組む態度／グループ学習活動や課題への取り組む姿勢）

本時の学習指導過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点・評価
導入 偏光の説明 展開 偏光に関する 生徒実験 終結 得られた結果 を物理的に探 究する	偏光現象の特徴を説明する。 実験の方法やデータ処理の説明をする。 4人一組で実験を行い、得られたデータを解析する。 課題に取り組み、光の横波としての性質をベクトル合成から説明できることに気づかせる。	・偏光は光の性質の一つであり，日常生活との関連に結び付け説明する。【主体的に取り組む態度】 ・実験の方法を理解し，得られたデータを適切に処理できる。【知識・技能】 ・照度の単位[Lux]については詳しくは触れず，光の強度を表す単位、程度に留める。 ・グループ内で話し合いを行い，理解した内容を他者に伝えることにより，理解の定着や深化を図る。【思考・判断・表現】 ・得られた結果を物理的に考察する方法に気づかせる。【主体的に取り組む態度】
備考 教科書：「物理（啓林館）」 Physics with Vernier 4th edition, Vernier, 2019, 28A-1 - 28B-4I David Homer, Michael Bowen-Jones, Oxford IB Diploma Programme 2014 edition Physics, pp.141-144 準備物：実験用ワークシート，角度付き偏光板，照度計		

<生徒資料>

Experiment Characteristic of Light Polarization of light

Introduction

Perhaps you have seen a display of polarized sunglasses in a store. You can quickly test to see if the glasses are really polarized by looking through the lenses of two glasses and rotating one pair by 90°. If both pairs of glasses are polarized, the lenses will appear to go black. Why is that?

To explain the darkened lenses, we need to think of the light as an electromagnetic wave. An electromagnetic wave has varying electric and magnetic fields perpendicular to the direction the wave is traveling. This experiment focuses only on the electric field variation, represented by a vector. Light emitted from a typical source such as a flashlight is randomly polarized, meaning that the electric vector points in varying directions. An ideal polarizing filter will remove all but the electric fields that are parallel to the axis of the filter. The light remaining is then said to be *polarized*. A second filter can be used to detect the polarization; in this case, the second filter is called an *analyzer*. The transmission through the second filter depends on the angle between its axis and the axis of the first filter. In this experiment you will study the relationship between the light intensity transmitted through two polarizing filters and the angle between the filter axes.

In the 1800's Malus proposed a law to predict light transmission through two polarizing filters. The relationship is

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

where I_0 is the intensity when the angle θ between the polarizer axes is zero. In this experiment, you will see if this law is useful in describing your polarizing filters.

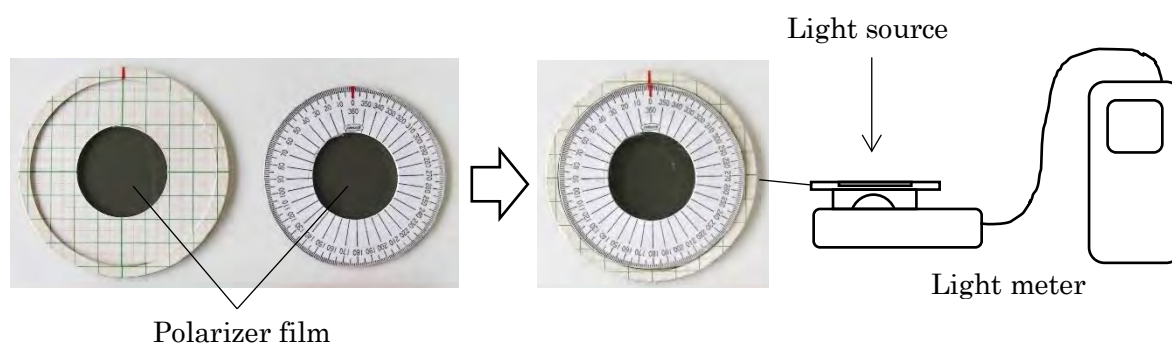


Figure 1

Objectives

- (1) Observe the change in light intensity of light passing through crossed polarizing filters.
- (2) Measure the transmission of light through two polarizing filters as a function of the angle between their axes and compare it to Malus's law.

Experiment data

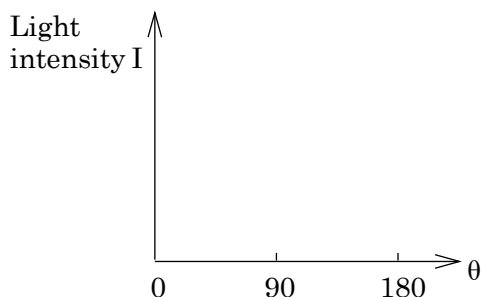
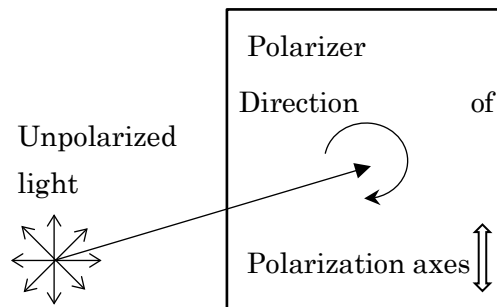
θ	Ie: Intensity	Ie - I(90°)	$\cos^2\theta$	θ	Ie: Intensity	Ie - I(90°)	$\cos^2\theta$
0			1.00	100			0.03
10			0.97	110			0.12
20			0.89	120			0.26
30			0.76	130			0.42
40			0.60	140			0.60
50			0.42	150			0.76
60			0.26	160			0.89
70			0.12	170			0.97
80			0.03	180			1.00
90		0	0.00				

Analysis

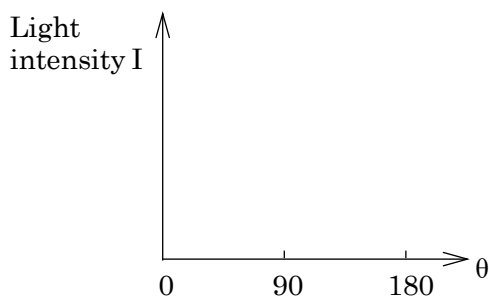
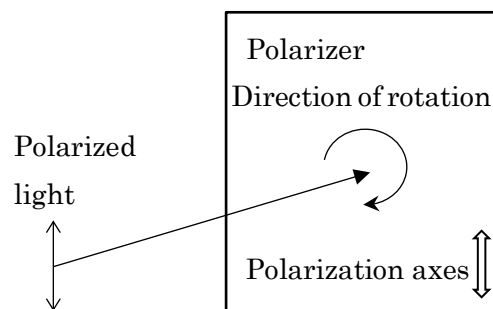
Describe your graph of light intensity vs. θ , and $\cos^2\theta$

Extensions

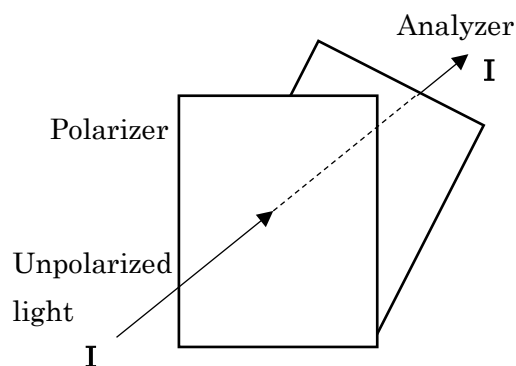
1. A beam of unpolarized light of intensity I_0 is incident on a polarizer. The polarization axes of the polarizer is initially vertical as shown. The polarizer is then rotated by 180° in the direction shown. Sketch a graph to show the variation with the rotation angle θ , of the transmitted light intensity I , as θ varies from 0° to 180° . Label your sketch-graph with the letter U.



2. The beam in 1 is now replaced with a polarized beam of light of the same intensity. The plane of polarization of the light is initially parallel to the polarization axes of the polarizer. The polarizer is then rotated by 180° in the direction shown. On the same axes in 1, sketch a graph to show the variation with the rotation angle θ , of the transmitted light intensity I , as θ varies from 0° to 180° .



3. (difficult) Unpolarized light of intensity I_0 is incident on a polarizer. The transmitted light is then incident on an analyzer. The axes of the analyzer makes an angle of 60° to the axes of the polarizer. Calculate the intensity I emitted by the analyzer.



Reference

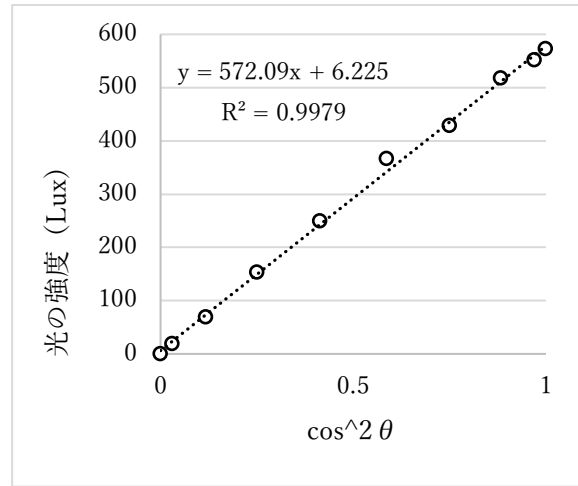
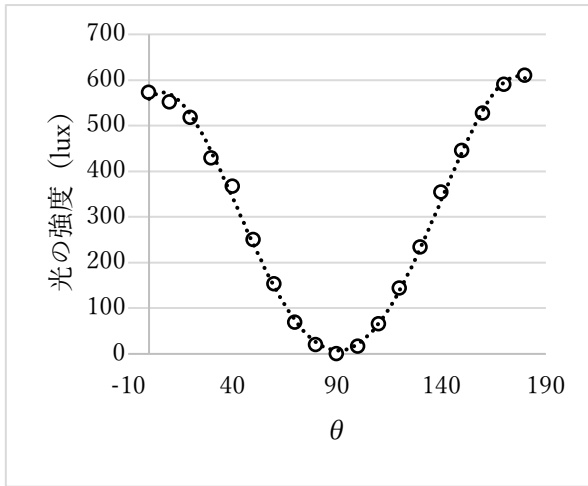
Physics with Vernier 4th edition, Vernier, 2019, 28A-1 – 28B-4I

David Homer, Michael Bowen-Jones, Oxford IB Diploma Programme 2014 edition Physics, pp.141-144

Class () No.() Name ()

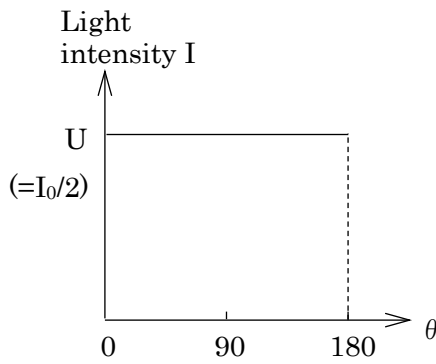
Instructor information

Results

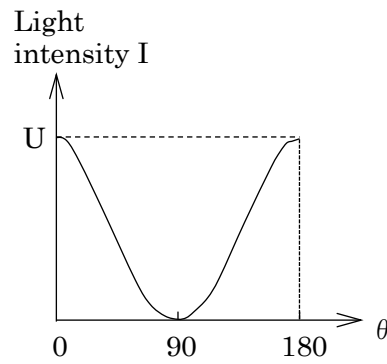


Extensions

(1)



(2)



(3) The first polarizer restricts the intensity to $I_0/2^*$. Using Malus's law $I = I_0 \cos^2 \theta$, $\cos^2 60^\circ = 0.25$, thus $I = 0.25 \times I_0/2 = 0.125 I_0$

$$* \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_0 \cos^2 \theta d\theta = \frac{1}{2} I_0$$

批評会での討議内容（概要）

1. 質問と回答

(1) 質問：授業では、照度計のバックグラウンドを差し引いた値を使うよう指示していたが、班によって異なるバックグラウンドの値であった。この理由として何が考えられるか。

回答：計測場所、例えば廊下の窓側であったり、生徒の立っている位置などによって変化する。計測に当たっては、こうした条件変化を考慮させることが必要である。

(2) 質問：生徒配布プリントが英語で書かれているのはなぜか。

回答：インターナショナル・バカロレア（international Baccalaureate; IB）のテキストを参考にして今回の実験を計画した。2枚の偏光板の角度と光の強度との関係を示す、マルスの法則(Malus' s law) はIBでは扱うが、学習指導要領では取り上げない。「発展」としての位置づけとして今回の授業内容を考えた。得られたデータは、例えば交流が流れる抵抗における電力の計算で現れる $\sin^2 \theta$ との類似性や、その積分としての扱いと数学との関係など、発展性が望めるため、教育的に有効ではないかと考えられる。

(3) 質問：照度計の扱いを十分説明することはできなかったのか。また照度の単位の説明をどうするのか。

回答：照度計の説明や照度の単位は、今回授業時間の関係からできなかったが、機会を得て行いたいと思う。

(4) 質問： $0^\circ \sim 90^\circ$ と $90^\circ \sim 180^\circ$ で照度が異なったことをどのように指導するのか。

回答：原理的には同じになるはずだが、そうならないことから、実験では例えばフックの法則を確かめる実験で、おもりを吊るしていったときと、除いていったときをそれぞれ測ることの意味や重要性を理解してくれればよいと考えている。今回、値が異なったのは、例えば教室の暗幕を引いていなかったため、気象状況が実験の途中で変化したことも考えられる。今後実験するときにはこうした実験教室の環境も注意する必要がある。

2. 感想

(1) 地学で扱う偏光顕微鏡の原理説明、化学で扱う有機化学での偏光角の扱いなど、他の領域との関連が多いことから、今回行った物理領域での偏光実験は発展性があると思われる。

(2) マルスの法則を先に説明し、どのような実験結果が得られるかを予想させた後で、実験を行うといった授業展開も考えられる。

(3) グラフを書くとき縦軸を I/I_0 とすることで無次元量にするといった学習内容は、理科では有効な方法の一つであり、効果的であったと思う。

(4) 偏光シート（角度メモリ付き）は手作りの教具であった。こうした道具が市販されればさらにこの実験が普及できると思われる。

