|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 組 | 番 |  |

**不等式Bは成立するか破れているか【実験４】**

光が直交分解・再合成可能なら、下図のように角度を変えた２枚の偏光板の組*A,B,C*の照度***LA*、*LB*、*LC***は、次の**不等式Bを満たす**と考えられる。それは、*A,B,C*を直交分解してその下の図のように考えてみるとわかる。*LA*、*LB*、*LC*をそれぞれ直交分解して２つの成分の和に置き換えた下図を見ると、左辺は右辺を一部として含んでいる（同色は同じ）ので、左辺の方が大きい。



0

0



0



**＞**

**不等式B**

***LC***

***LB***

***LA***

**そこで上段の３組の２枚の偏光板の組み合わせの照度を測定して、３組の照度*LA*、*LB*、*LC*の間に不等式B が成り立つか実験によって調べる。**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **偏光板の角度設定は裏の写真参考** | **測定**  **照度　Lux** | **吸収補正後の**  照度　Lux | 吸収補正と**0点調整後の**照度　Lux | **規格化した照度** |
| **上0**  **下0** | **.　.　.　.** | **２**枚分吸収補正  **.　.　.　.** | **.　.　.　.** | ***L0***  1.00 |
| **上67.5**  **下0** | **.　.　.　.　.** | **２**枚分吸収補正  **.　.　.　.** | **.　.　.　.** | ***LA***  0. 　. 　.. | 0.**.　.** |
| **上157.5**  **下22.5** | **.　.　.　.　.** | **２**枚分吸収補正  **.　.　.　.** | **.　.　.　.** | ***LB***  0. 　. 　.. |
| **上0**  **下22.5** | **.　.　.　.　.** | **２**枚分吸収補正  **.　.　.　.** | **.　.　.　.** | ***LC***  0. 　. 　. |
| **上90**  **下0** | **.　.　.　.** | ２枚分吸収補正  **.　.　.　.** | 0.0.0.0**.** | 0.00 |

**方法**

**1．**カーテンを閉めて外光変化による室内の明るさの変化がないようにする。

**2．**光センサーに下の偏光板が0°、上の偏光板も0°の偏光になるように重ね照度を測る。

**3．**光センサーに下の偏光板①が0°、上の偏光板③が＋67.5°()の偏光になるように重ね照度を測る。

**4．**光センサーに下の偏光板①が＋22.5°()、上の偏光板③が＋157.5°()の偏光になるように重ね照度を測る。

**5．**光センサーに下の偏光板①が＋22.5°()、上の偏光板③が0°の偏光になるように重ね照度を測る。

**6．**上から90°、0°の偏光になるように偏光板を入れ照度を測る。

**処理**

**１．【吸光補正】**偏光板の枚数分だけ【実験１】の平均透過率で繰返し**割って**、偏光板によるよけいな吸光を補正し、吸光が無かった場合の値を推定する。

**2．【0点調整】**３枚目の偏光板が直前の偏光板と直交している最後の実験の吸収補正照度を０とみなすために、吸収補正照度から、この照度を**引く**。

**3．【規格化】**上も下も0°が1.00になるように、【0点調整】したすべての照度を【0点調整】した上0°下0°の値で**割る**。

**4．【左辺の計算】**左辺の*A,B*に相当する照度の合計 を計算する。

**結果**

実験によると　不等式B　　 **>**は 　　　　　　　　　　　　.　。

**考察**

３枚の偏光板のうち、隣り合った偏光板の角度の差がαとβなら、まず角度がα異なる偏光板を光が通過したとき照度が倍され、次に角度がβ異なる偏光板を光が通過したとき照度がさらに倍される。したがって３枚の偏光板を通過すると倍される。図に示した２枚の偏光板の場合３つと３枚の偏光板の場合６つについて、それぞれ照度が何倍されるか計算して、不等式Bが成り立つと考えたときのどこに問題がありそうなのか、２枚の偏光板の場合３つの場合は、実験値の***LA*、*LB*、*LC***と一致するか、など調べてみよう。

|  |
| --- |
|  |
| 不等式Bは、この実験のような一つの光の流れ（始状態と終状態の中間）に対して考え出されたものではなく、２枚の偏光板の間から両側の偏光板に向かって特殊なペアになった２つの光が出ていくような実験（観測しない始状態からペアの終状態）に対して考え出された。その場合は考案者の名前を取ってベル不等式と呼ばれる。特殊なペアとは「もつれた」とか「エンタングルした」といわれる状態で、同じ偏光の光だった場合の結果しか生まないけれど、偏光がどこかの方向とは言えず、直角な２成分も持ち合わせているが、直角な２成分を合成したときどの方向の偏光とも言えず、あらゆる方向の可能性を秘めた同じ偏光の光で、だれも想像できないタイプの偏光の光である。  ベル不等式の破れを実験的に証明した３名が2022年度ノーベル物理学賞を受賞した。ベル不等式は、光量子の提唱者にして現在の量子力学を最後まで認めなかったアインシュタインによって突きつけられたEPRパラドックスの真偽に決着をつけるために考案された。その論文を見た量子力学の創始者にしてやはり最終形を認めなかったシュレーディンガーが有名な猫のパラドックスを出した。『観測してない箱の中は、もし実験したら死んでるか生きているになっているはずだ、と割り振って実験や計算をすれば観測してない場合と同じになるはずだ』という前提に立つとベル不等式が得られ、この不等式が破れるということは「観測してないところでもきっと実際には死んでいるか生きているかどちらかだけど観察してないから知らないだけ」という考え方が成り立たたない。それとは違う想像も出来ない別の何かになっているということを示したことになる。 |

