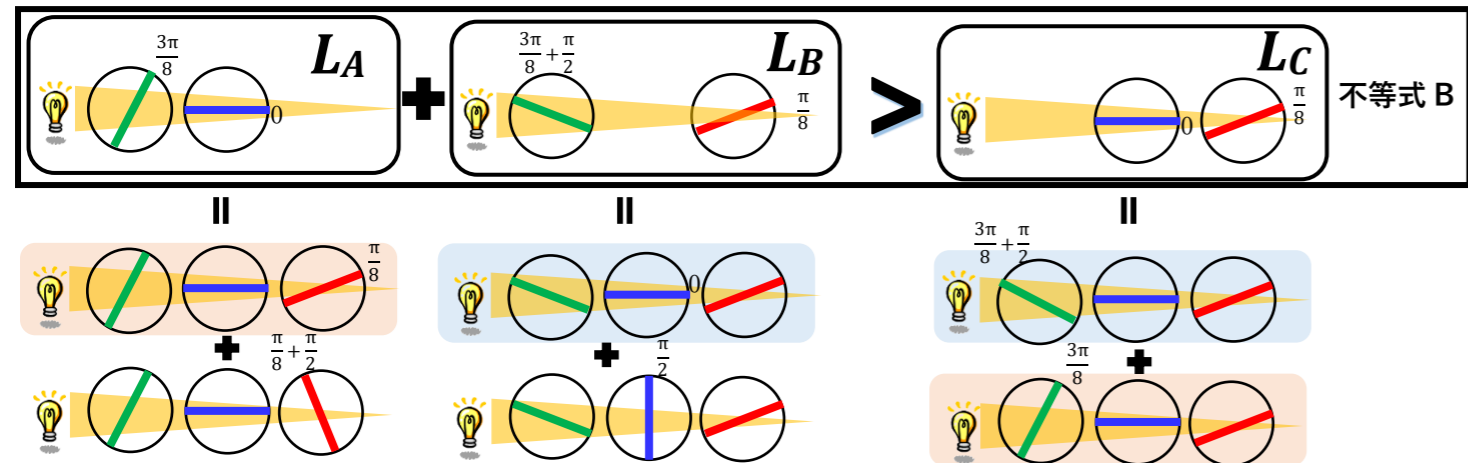


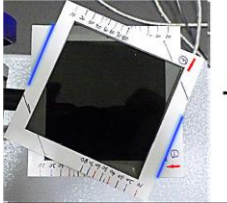
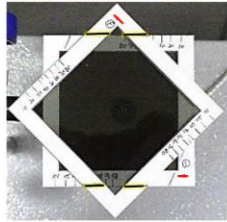
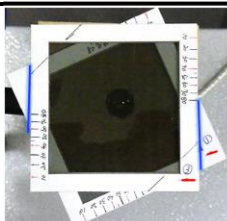
不等式 B は成立するか破れているか【実験4】

組	番
---	---

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 L_A, L_B, L_C 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。 L_A, L_B, L_C 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。



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 L_A, L_B, L_C の間に不等式 B $L_A + L_B > L_C$ 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	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	2枚分吸収補正 <input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	L_0 1.00
 上 67.5 下 0	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	2枚分吸収補正 <input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	L_A 0. <input type="text"/> <input type="text"/>
 上 157.5 下 22.5	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	2枚分吸収補正 <input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	L_B 0. <input type="text"/> <input type="text"/>
 上 0 下 22.5	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	2枚分吸収補正 <input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	L_C 0. <input type="text"/> <input type="text"/>
上 90 下 0	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	2枚分吸収補正 <input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	00.00	0.00

$L_A + L_B$
0.

方法

- 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。
- 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。
- 光センサーに下の偏光板①が 0° 、上の偏光板③が $+67.5^\circ (\frac{3\pi}{8})$ の偏光になるように重ね照度を測る。
- 光センサーに下の偏光板①が $+22.5^\circ (\frac{\pi}{8})$ 、上の偏光板③が $+157.5^\circ (\frac{7\pi}{8})$ の偏光になるように重ね照度を測る。
- 光センサーに下の偏光板①が $+22.5^\circ (\frac{\pi}{8})$ 、上の偏光板③が 0° の偏光になるように重ね照度を測る。
- 上から $90^\circ, 0^\circ$ の偏光になるように偏光板を入れ照度を測る。

処理

- 【吸収補正】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収を補正し、吸収が無かった場合の値を推定する。
- 【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。
- 【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。
- 【左辺の計算】左辺の A,B に相当する照度の合計 $L_A + L_B$ を計算する。

結果

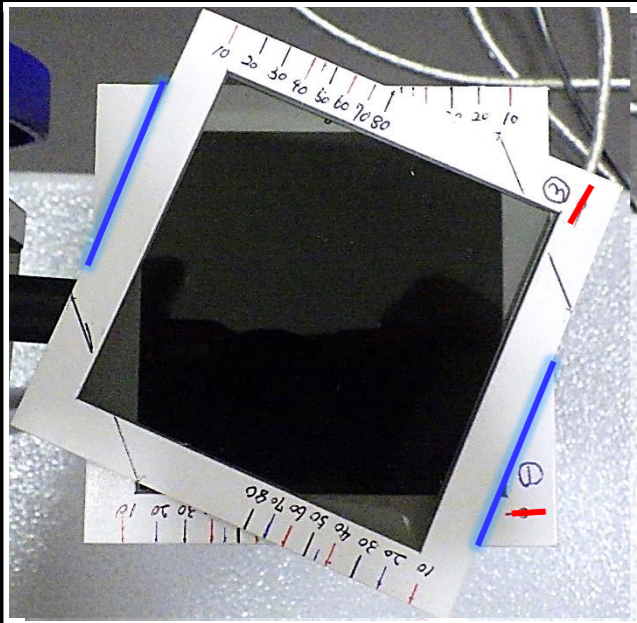
実験によると 不等式 B $L_A + L_B > L_C$ は 。

考察

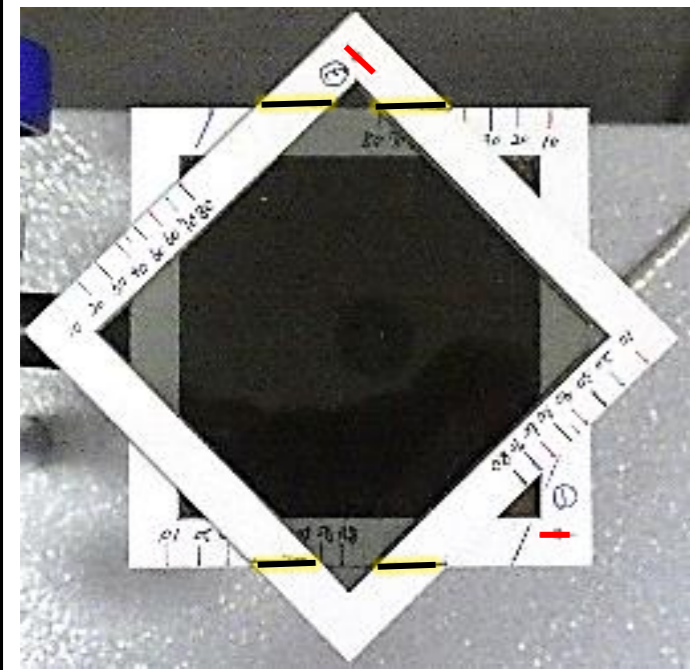
3枚の偏光板のうち、隣り合った偏光板の角度の差が α と β なら、まず角度が α 異なる偏光板を光が通過したとき照度が $\cos^2 \alpha$ 倍され、次に角度が β 異なる偏光板を光が通過したとき照度がさらに $\cos^2 \beta$ 倍される。したがって3枚の偏光板を通過すると $\cos^2 \alpha \cos^2 \beta$ 倍される。図に示した2枚の偏光板の場合3つと3枚の偏光板の場合6つについて、それぞれ照度が何倍されるか計算して、不等式 B が成り立つと考えたときのどこに問題がありそうなのか、2枚の偏光板の場合3つの場合は、実験値の L_A, L_B, L_C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

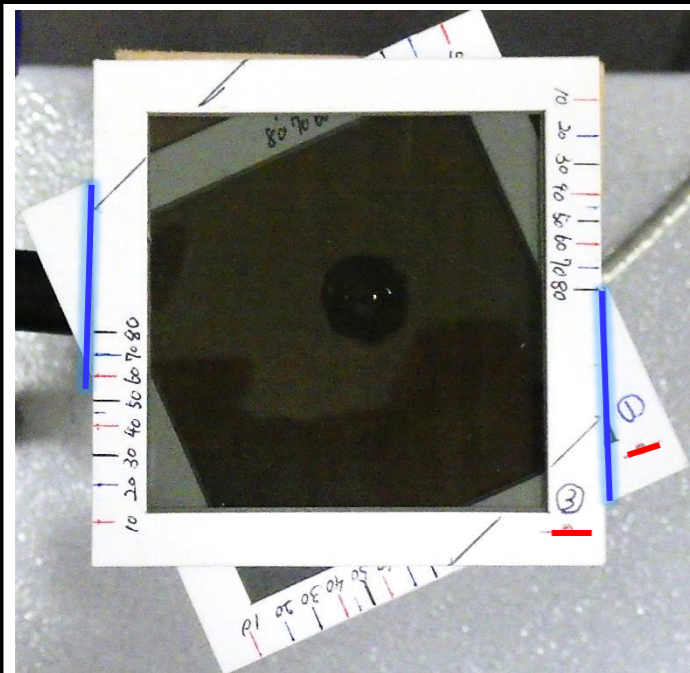
ベル不等式の破れを実験的に証明した3名が 2022 年度ノーベル物理学賞を受賞した。ベル不等式は、光量子の提唱者にして現在の量子力学を最後まで認めなかったアインシュタインによって突きつけられた EPR パラドックスの真偽に決着をつけるために考案された。その論文を見た量子力学の創始者にしてやはり最終形を認めなかったシュレーディンガーが有名な猫のパラドックスを出した。『観測してない箱の中は、もし実験したら死んでいるか生きているになっているはずだ、と割り振って実験や計算をすれば観測してない場合と同じになるはずだ』という前提に立つとベル不等式が得られ、この不等式が破れるということは「観測してないところでもきつと実際には死んでいるか生きているかどちらかだけ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ことを示したことになる。



上 67.5
下 0



上 157.5
下 22.5



上 0
下 22.5