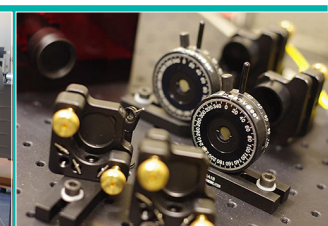
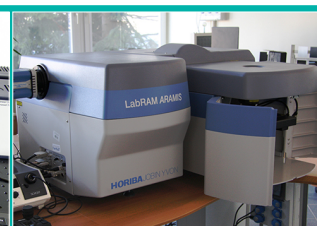


Ćwiczenie 29

Magnetoptyczny efekt Faraday'a

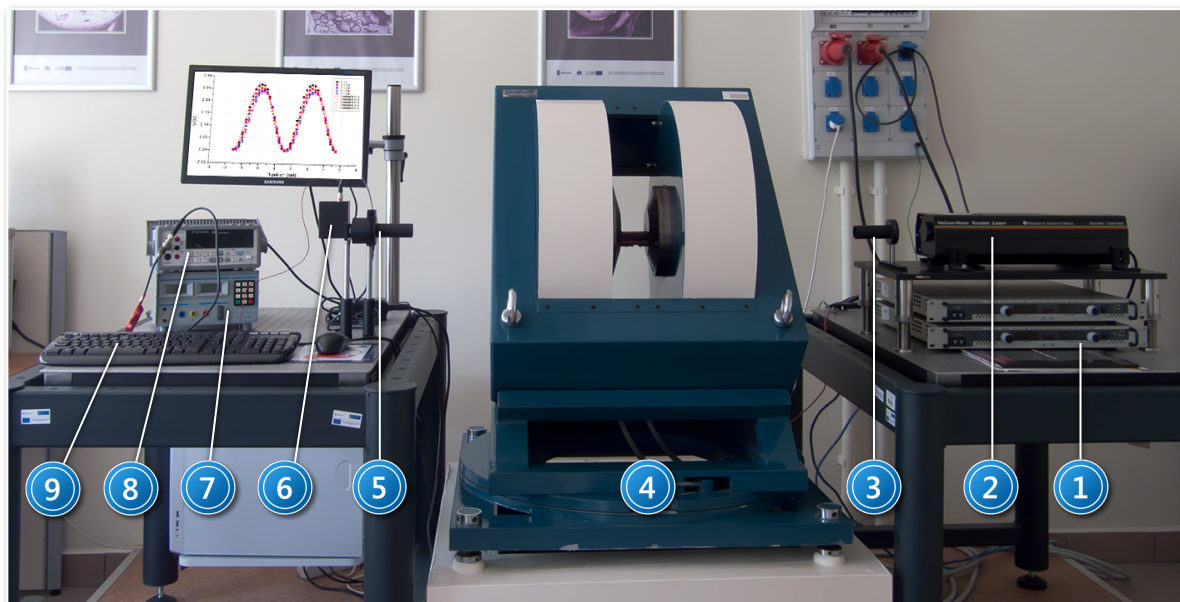


I. Zagadnienia do opracowania.

1. Fale elektromagnetyczne i ich własności.
2. Polaryzacja światła:
 - a) światło niespolaryzowane;
 - b) polaryzacja światła: liniowa, eliptyczna, kołowa;
 - c) rodzaje polaryzatorów światła;
 - d) polaryzator Glana – Thompsona;
 - e) prawo Malusa.
3. Zjawisko dwójłomności: naturalnej i wymuszonej.
4. Wpływ stałego pola magnetycznego na izotropowy ośrodek materialny.
5. Efekt Faraday'a (w ujęciu klasycznym):
 - a) skręcenie płaszczyzny polaryzacji światła;
 - b) kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji;
 - c) stała Verdet.
6. Budowa i zasada działania lasera He - Ne:
 - a) promieniowanie spontaniczne i wymuszone;
 - b) ośrodki z inwersją obsadzeń;
 - c) rezonator optyczny;
 - d) mechanizm powstawania inwersji obsadzeń poziomów w laserze He - Ne.

II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się z układem pomiarowym do badania efektu Faraday'a widocznym na *Zdjęciu 1*.



Zdjęcie 1. Stanowisko pomiarowe do badania efektu Faraday'a: 1 – zasilacze elektromagnesu; 2 – laser He – Ne; 3 – polaryzator; 4 – elektromagnes; 5 – analizator; 6 – fotopowielacz z przedwzmacniaczem; 7 – zasilacz fotopowielacza z przedwzmacniaczem; 8 – woltomierz; 9 – zestaw komputerowy.



UWAGA!

Przed rozpoczęciem pomiarów należy dokładnie zapoznać się z opisem obsługi lasera helowo – neonowego, umieszczonym w *Dodatku C*.

2. Włączyć zasilacz fotopowielacza (7 na *Zdjęciu 1*).
3. Włączyć laser He - Ne (2, *Zdjęcie 1*) co najmniej pół godziny przed rozpoczęciem pomiarów.
4. Badaną próbkę (wskazaną przez prowadzącego ćwiczenie) umieścić między nabiegownikami elektromagnesu.
5. Posługując się *Zdjęciem 2*, dokonać wyboru długości fali światła lasera (możliwe są następujące długości fal: 633, 612, 604, 594, 543 nm).
Pokrętlą długości fal *COLOR SELECTOR* (element 2 na *Zdjęciu 2*) ustawić na linię zieloną 543 nm.
6. Sprawdzić czy tarcza analizatora światła (5 na *Zdjęciu 1*) ustawiona jest w pozycji „0”.
7. Włączyć zasilacze do elektromagnesu.
8. Wykonać pomiary zmiany natężenia światła przechodzącego przez badaną próbkę w funkcji kąta obrotu analizatora (5, *Zdjęcie 1*) kolejno dla danej wartości indukcji pola magnetycznego. Pomiary wykonywać co 10°, wykorzystując cały zakres 360° tarczy analizatora. Wartość indukcji pola magnetycznego zmieniać od 0 do 0,8 T co 0,2 T (patrz wykres charakterystyki elektromagnesu w *Dodatku B*).
9. Powyższe pomiary wykonać kolejno dla pozostałych czterech długości fal światła lasera.
10. Do punktów pomiarowych dopasować krzywą teoretyczną postaci $y = I_0 \sin^2 \left[(x + \varphi) \frac{\pi}{180} \right]$ (x i φ podać w stopniach), aby wyznaczyć kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła lasera dla danej wartości indukcji pola magnetycznego kolejno dla wszystkich długości fal światła lasera.
11. Metodą najmniejszych kwadratów wyznaczyć kąt nachylenia prostej obrazującej zależność kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła od indukcji pola magnetycznego kolejno dla zastosowanych długości fal światła.
12. Obliczyć stałe Verdet dla każdej długości fali światła lasera.
Rozmiar wewnętrzny kuwety pomiarowej (długość) wynosi $(5,00 \pm 0,001) \cdot 10^{-2} \text{ m}$; długość kostki flintu wynosi $(2,705 \pm 0,005) \cdot 10^{-2} \text{ m}$.
13. Przedstawić graficznie zależność stałej Verdet od długości fali światła.
14. Porównać obliczone wartości z danymi tablicowymi.
15. Zinterpretować uzyskane wyniki.

III. Zestaw przyrządów.

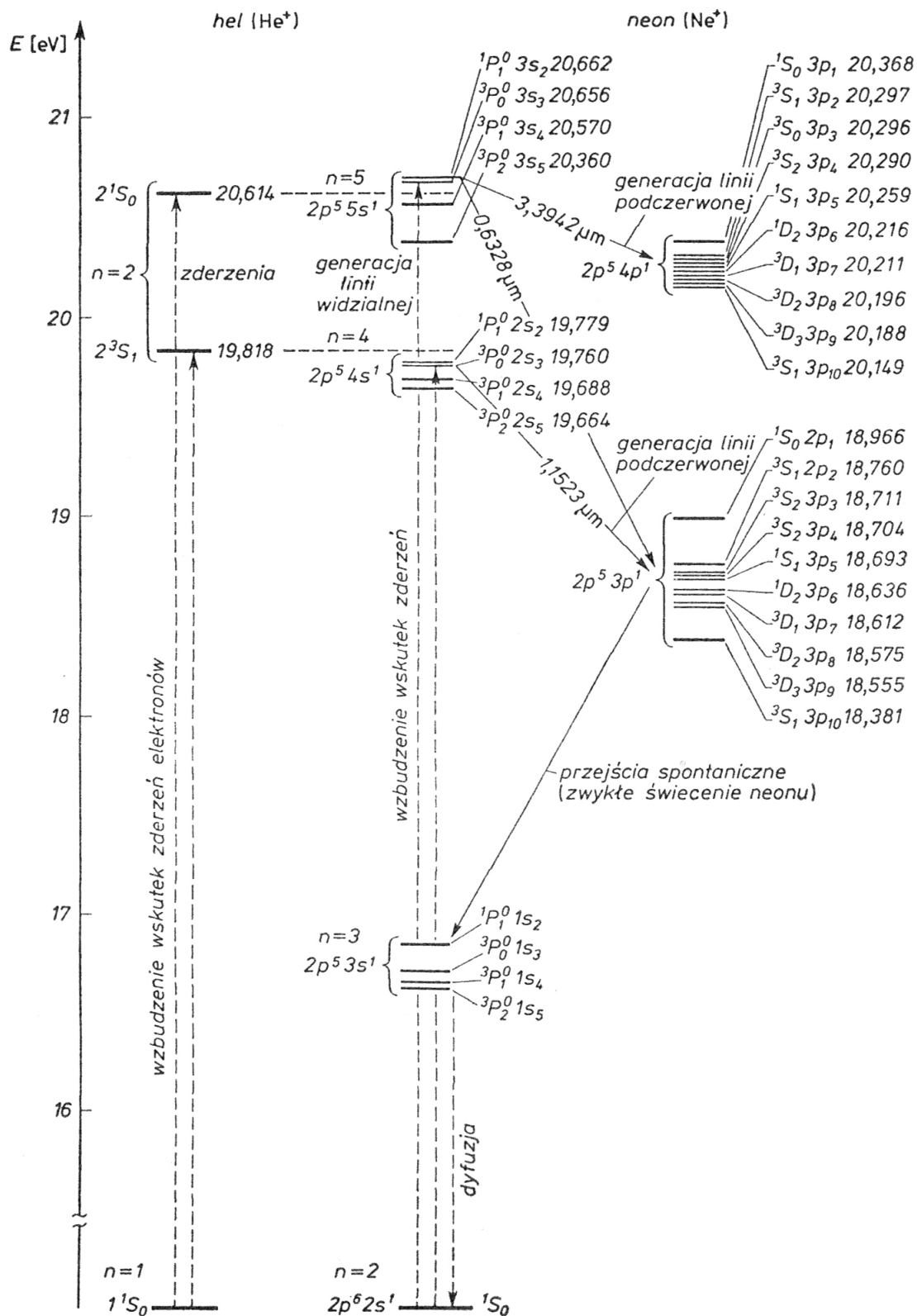
1. Elektromagnes ER–2010-M.
2. 2 zasilacze elektromagnesu.
3. Laser He - Ne ($\lambda = 633, 612, 604, 594, 543 \text{ nm}$).
4. 2 polaryzatory Glana – Thompsona.
5. Fotopowielacz z przedwzmacniaczem.
6. Zasilacz fotopowielacza z przedwzmacniaczem.
7. Woltomierz cyfrowy.
8. Zestaw komputerowy.

IV. Literatura.

1. W. A. Shurcliff, S. S. Bellard – „*Światło spolaryzowane*”, PWN, Warszawa 1968.
2. J. Ginter – „*Fizyka fal*”, Tom „*Fale w ośrodkach jednorodnych*”, PWN, Warszawa 1993.
3. L. Sobczyk – „*Metody elektroptyczne i magnetoptyczne*”, PWN, Warszawa 1983.
4. F. Kaczmarek – „*Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*”, PWN, Warszawa 1982.
5. Sz. Szczęniowski – „*Fizyka doświadczalna*”, część IV, PWN, Warszawa 1972.
6. A. Kujawski, P. Szczepański – „*Lasery. Podstawy fizyczne*”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
7. R. J. Sołouchin – „*Optyka i fizyka atomowa*”, PWN, Warszawa 1982.
8. J. R. Meyer - Arendt – „*Wstęp do optyki*”, PWN, Warszawa 1977.
9. S. Pieńkowski – „*Fizyka doświadczalna*”, Tom III „*Optyka*”, PWN, Warszawa 1955.
10. „*Encyklopedia Fizyki Współczesnej*”, PWN, Warszawa 1983.
11. B. Ziętek – „*Lasery*”, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2009.
12. J. Orear – „*Fizyka*”, T.2., Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1998.
13. K. Shimoda – „*Wstęp do fizyki laserów*”, PWN, Warszawa 1993.
14. M. Young – „*Optics and Lasers*”, Springer, 1977.
15. W.A. Shurcliff, S.S. Bellard – „*Polarized Light*”, Princeton 1964.
16. K. Shimoda – „*Introduction to Laser Physics*”, Springer, 1986.
17. J. Orear – „*Physics*”, Vol. 2., Macmillan Publishing Co., Inc., 1979.
18. O. Svelto – „*Principles of Lasers*”, Plenum, New York 1998.
19. H. Abramczyk – „*Introduction to Laser Spectroscopy*”, Elsevier, 2005.

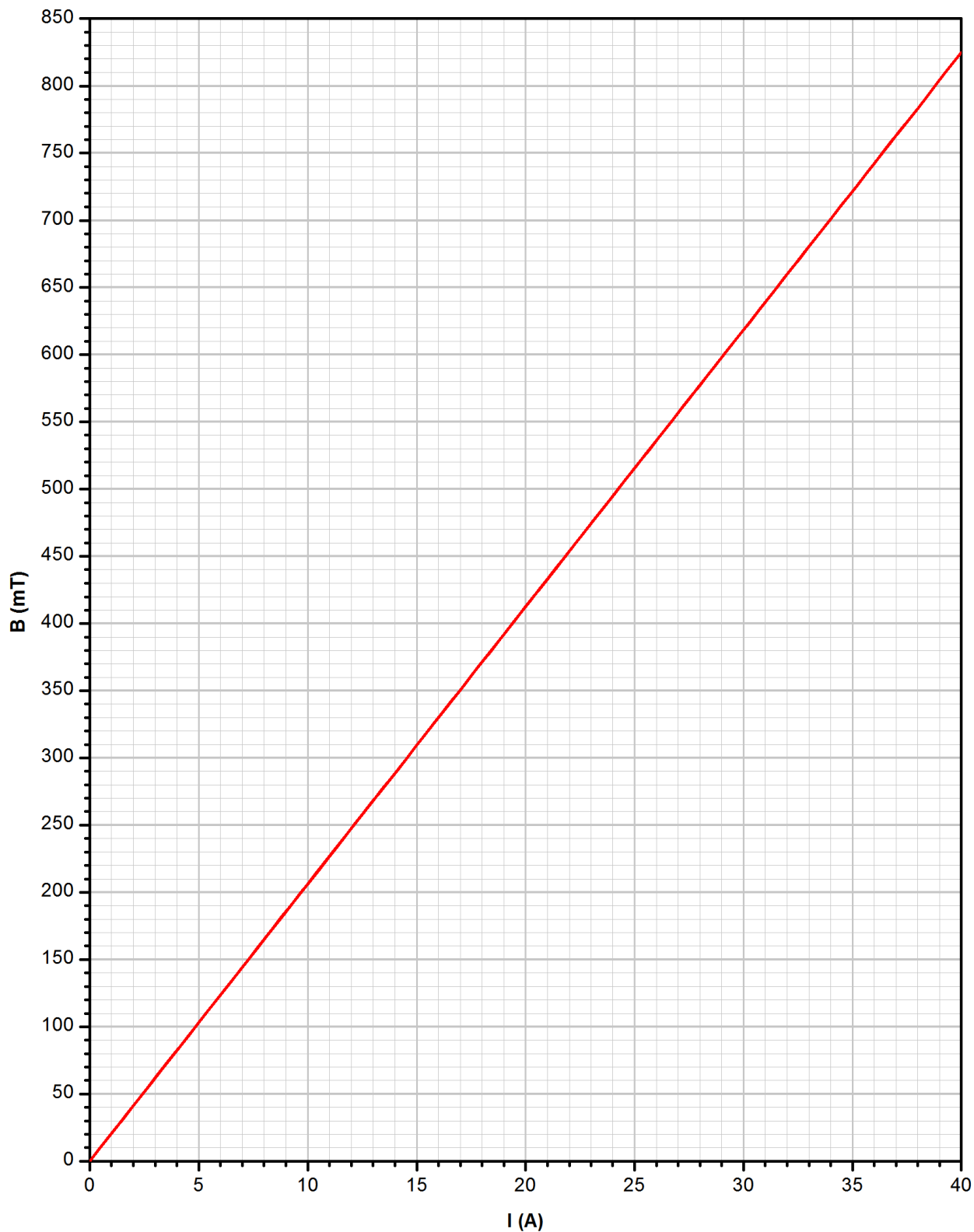
Dodatek A

Schemat poziomów energetycznych helu i neonu
(na podstawie: R. J. Solouchin – „Optyka i fizyka atomowa” [7])



Dodatek B

Charakterystyka elektromagnesu ER-2010-M

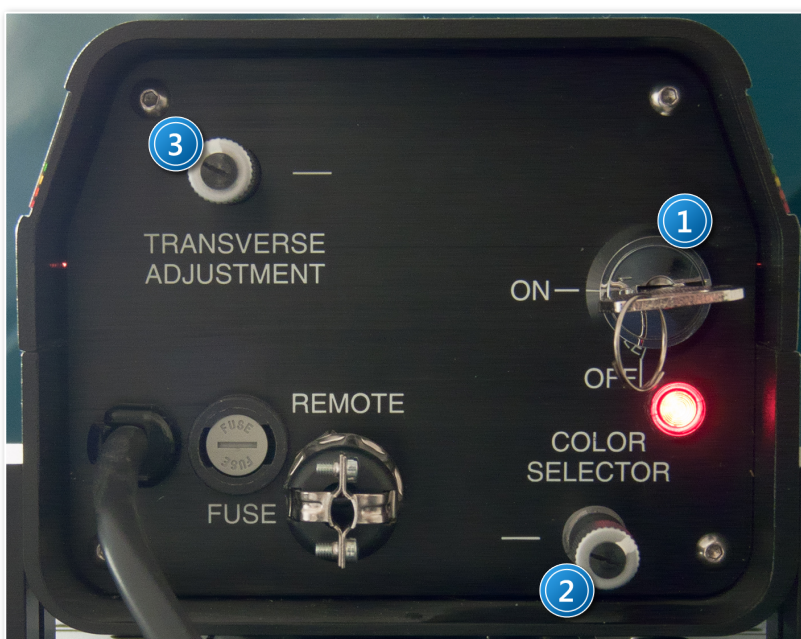


Dodatek C

Opis obsługi lasera helowo – neonowego
5 Line Tunable He-Ne Laser System, Model 30603, REO Inc.

Laser helowo – neonowy na stanowisku pomiarowym jest laserem przestrajalnym i umożliwia generację światła laserowego o pięciu dostępnych długościach fal: **633, 612, 604, 594 i 543 nm**.

Laser należy włączyć przynajmniej pół godziny przed rozpoczęciem pomiarów.



Zdjęcie 2. Panel kontrolny lasera He-Ne: 1 – włącznik; 2 – pokrętło wyboru długości fali; 3 – pokrętło zmiany odległości między zwierciadłami rezonatora optycznego.

A. Włączanie lasera.

1. Laser należy włączyć przynajmniej na pół godziny przed rozpoczęciem pomiarów.
2. Jeżeli po włączeniu lasera nie obserwuje się akcji laserowej, należy **powoli** obracać pokrętłem *TRANSVERSE ADJUSTMENT* (element 3 na Zdjęciu 2) do momentu jej zaobserwowania. Jeżeli nie uda się zaobserwować świecenia, należy zgłosić ten fakt prowadzącemu ćwiczenie. Dokładną procedurę postępowania w przypadku braku akcji laserowej opisano w instrukcji obsługi lasera, dostępnej na stanowisku pomiarowym.
3. W przypadku uzyskania akcji laserowej należy nadal delikatnie obracać pokrętło *TRANSVERSE ADJUSTMENT* (element 3, Zdjęcie 2), obserwując jednocześnie wskazania woltomierza (element 8, Zdjęcie 1) aż do chwili osiągnięcia maksymalnego natężenia światła laserowego.

4. Po upływie minimum pół godziny od momentu włączenia lasera i zaobserwowania akcji laserowej, należy powtórzyć procedurę opisaną w punkcie 3. *Dodatku C* i ponownie uzyskać maksimum natężenia światła lasera.

B. Pomiary z użyciem lasera.

1. Zmiana długości fali emitowanego światła laserowego odbywa się z użyciem pokrętła *COLOR SELECTOR* (element 2, *Zdjęcie 2*).
Nie zmieniać ustawienia pokrętła *TRANSVERSE ADJUSTMENT* (element 3, *Zdjęcie 2*) w czasie trwania pomiarów.
2. W celu zmiany długości fali światła laserowego, należy delikatnie obracać pokrętło *COLOR SELECTOR* do momentu uzyskania emisji światła laserowego o żądanym kolorze. Obrót pokrętła w prawo skutkuje zmniejszaniem, zaś w lewo – zwiększaniem długości fali światła.



UWAGA!

Maksima emisji dla długości fal **604 i 612 nm** są słabo rozdzielone i położone bardzo blisko siebie. W celu wyboru jednej z tych długości fali należy bardzo uważnie obserwować zmiany natężenia światła.

3. Po zgrubnym ustawieniu długości fali światła należy uważnie odnaleźć takie ustawienie pokrętła, które zagwarantuje maksimum natężenia emisji.
W tym celu należy bardzo powoli manewrować pokrętłem *COLOR SELECTOR* obserwując jednocześnie wskazania woltomierza (element 7, *Zdjęcie 1*) aż do uzyskania maksimum natężenia światła.
4. Po ustawieniu żądanej długości fali należy wykonać pomiary wskazane w punktach II.5. – II.7. (Zadania doświadczalne).

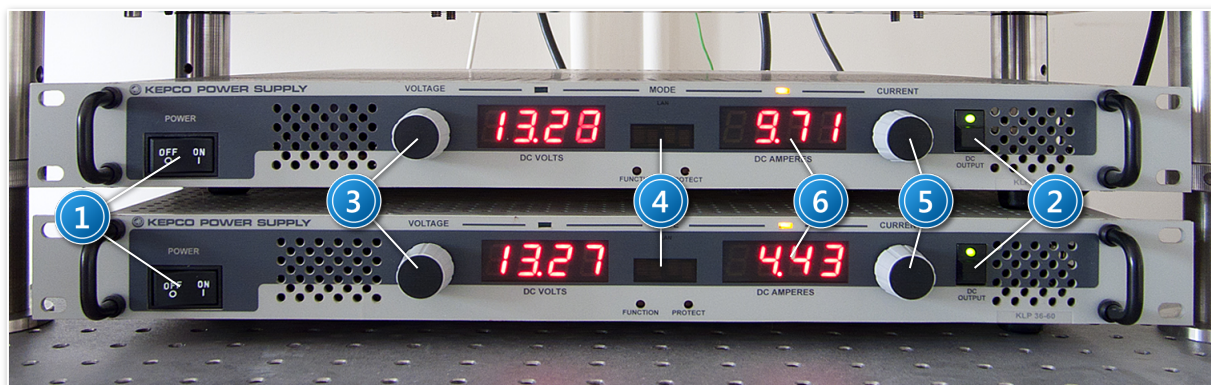
C. Wyłączenie lasera.

1. Po zakończeniu pomiarów pokrętło „*COLOR SELECTOR*” ustawić na linię zieloną ($\lambda = 543 \text{ nm}$).
2. Zgłosić prowadzącemu ćwiczenie zakończenie pomiarów z użyciem lasera.

Dodatek D

Opis obsługi zasilaczy elektromagnesu

Elektromagnes ER-2010-M jest zasilany dwoma zasilaczami połączonymi równolegle. Należy zwrócić uwagę na konieczność sumowania wartości natężenia prądu generowanego przez oba zasilacze.



Zdjęcie 3. Panele kontrolne zasilaczy elektromagnesu: 1 – przełącznik „POWER”; 2 – przełącznik trybu pracy „DC OUTPUT”; 3 – pokrętło zmiany napięcia „VOLTAGE”; 4 – okienko kontrolne osiągnięcia maksymalnego napięcia; 5 – pokrętło zmiany natężenia prądu „CURRENT”; 6 – wyświetlacz natężenia generowanego prądu.

A. Włączanie zasilaczy i procedury wstępne.

1. W celu włączenia zasilaczy, należy przestawić przełączniki *POWER* w położenie *ON* (elementy 1, Zdjęcie 3).
2. Po włączeniu obu zasilaczy, należy upewnić się, że kontrolki pracy zasilaczy *DC OUTPUT* (elementy 2, Zdjęcie 3) na ich panelach są wygaszone. Jeśli tak nie jest, należy wcisnąć przełączniki *DC OUTPUT*.
3. Zapewnić maksimum dostarczanego napięcia z obu zasilaczy. W tym celu wcisnąć oba pokrętła *VOLTAGE* (elementy 3, Zdjęcie 3), a następnie pokręcać nimi zgodnie z ruchem wskazówek zegara tak długo, aż na wyświetlaczach (elementy 4, Zdjęcie 3) ukaże się napis *MAX*. Ponownie wcisnąć oba pokrętła *VOLTAGE* zatwierdzając tym samym wybrane wartości napięcia.
4. Ponownie wcisnąć przełączniki *DC OUTPUT* tak, aby zapaliły się obie kontrolki. Zasilacze są gotowe do pracy.

B. Użytkowanie zasilaczy.

1. Przełącznik *DC OUTPUT* służy do wyłączenia i włączania trybu pracy zasilacza – jeżeli kontrolki przy przełączniku są wygaszone, przez uzwojenie elektromagnesu nie płynie prąd; jeżeli są zapalone – zasilacz jest w trybie pracy i przez uzwojenie płynie prąd o zadanym natężeniu. W każdej chwili można włączyć lub wyłączyć tryb pracy zasilacza, wciskając przełącznik *DC OUTPUT* bez konieczności zmiany ustawienia natężenia prądu.
2. Należy zwrócić uwagę na to, aby w czasie pomiarów obie kontrolki *DC OUTPUT* były zapalone.

3. Zmiana natężenia prądu wytwarzanego przez zasilacz odbywa się z użyciem pokręteł *CURRENT* (elementy 5, *Zdjęcie 3*).
Aktualna wartość natężenia prądu generowanego przez zasilacz wyświetlona jest w okienku kontrolnym (elementy 6, *Zdjęcie 3*).
4. Ze względu na sposób łączenia, oba zasilacze obciążają się wzajemnie w czasie pracy. Skutkuje to występowaniem korelacji między natężeniami prądów generowanych przez zasilacze, co objawia się samoczynnym zmniejszaniem (zwiększaniem) się wartości natężenia prądu dostarczanego z jednego zasilacza podczas zwiększania (zmniejszania) prądu w drugim zasilaczu w obszarze dużych wartości natężeń prądu.
Całkowite natężenie prądu płynącego przez uzwojenie elektromagnesu jest sumą natężeń, wyświetlonych w okienkach kontrolnych (elementy 6, *Zdjęcie 3*).

C. Wyłączanie zasilaczy.

1. Po zakończeniu pomiarów należy za pomocą pokręteł *CURRENT* ustawić najmniejsze możliwe wartości natężeń prądu na obu zasilaczach i wyłączyć tryb pracy naciskając przełączniki *DC OUTPUT* a następnie ustawić oba przełączniki *POWER* w pozycji *OFF*.
2. Zgłosić prowadzącemu ćwiczenie zakończenie pracy z użyciem zasilaczy.