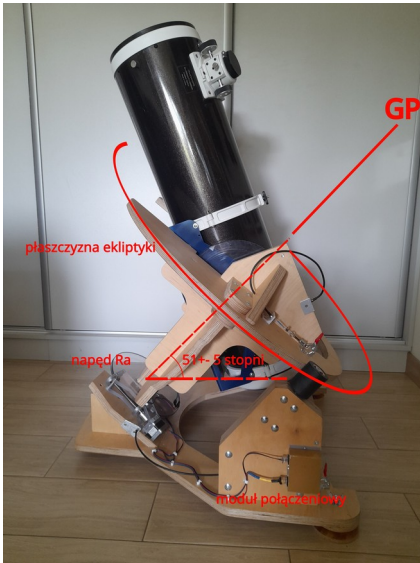


Napęd podkowiasty

(dla teleskopu SkyWatcher 200/1000)

Co to jest napęd podkowiasty?



Jest to typ napędu paralaktycznego co oznacza, że główne osie obrotu napędu są równoległe do osi rektascencji (Ra) oraz osi deklinacji (De) co powoduje, że ruch w obu osiach napędu dokładnie odzwierciedla ruch obiektów na niebie a dane używane do określenia położenia obiektu na niebie można wykorzystywać wprost skalując osie obrotu napędu. Ułatwia to z jednej strony śledzenie obiektów i dodatkowo upraszcza motoryzację oraz algorytm sterowania takim montażem.

Zdjęcie pokazuje podstawowe cechy montażu podkowiastego: podkowa ustawiona jest w płaszczyźnie ekliptyki prostopadle do osi świata wskazującej na Biegun Północny (umownie opisany jako GP – Gwiazda Polarna). Pochylenie podkowy możliwe jest za pomocą trzech regulowanych stóp w zakresie co najmniej 51 +/- 5

stopni.

Zalety montażu podkowiastego:

- praca w systemie współrzędnych paralaktycznych (Ra, De)
- duża nośność
- szeroki ruch napędu (niemal 360 stopni dla osi Ra oraz 90 stopni w osi De)

Wady montażu podkowiastego:

- dość duże rozmiary i masa własna co utrudnia mobilność
- budowa może być zależna od szerokości geograficznej obserwacji.



Montaż składa się z nieruchomej podstawy z regulowanymi stopami, ruchomej podkowy opartej w trzech punktach: na osi głównej obrotu (oś Ra) oraz na obrotowych rolkach podpierających podkowę.

Teleskop mocowany jest do jarzma związanego z osią leżącą w płaszczyźnie podkowy (oś De)

Do osi Ra jak i do osi De dołączone są napędy ślimakowe o przekładni 1:625 wykonane jako ślimacznice z kołem o średnicy ok. 30cm.

Oba napędy posiadają sprzęgła mechaniczne odłączające koła ślimacznic od napędzających silników krokowych widoczne na zdjęciu jako dźwignienki z czerwonym zakończeniem.

Silniki krokowe napędza sterownik zbudowany na bazie mikroprocesora ESP32 a samo sterowanie wykorzystuje sprzętowy

podział kroku w proporcji 1:32. Opis sterownika można znaleźć pod adresami:

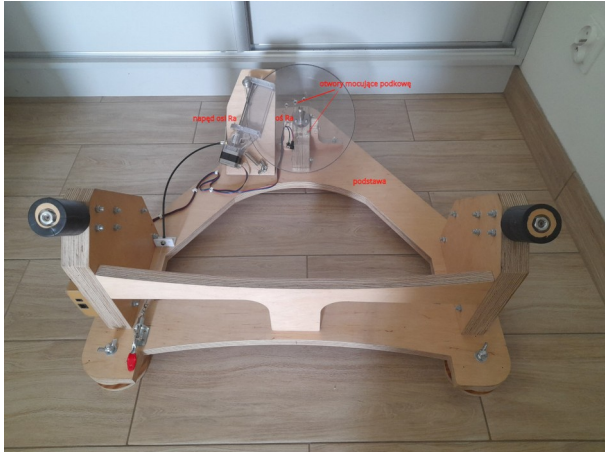
<https://youtu.be/vYUyE2-Yopo> oraz http://lx-net.pl/starch/sterownik_manual.pdf .

Budowa, montaż i demontaż montażu podkowiastego

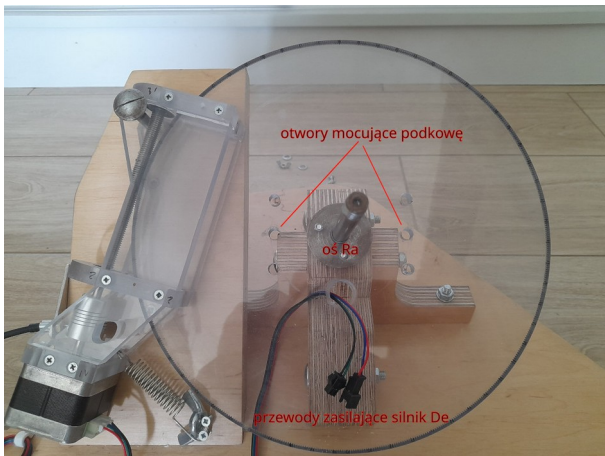
Dalszy opis zawiera szczegółową budowę części składowych montażu podkowiastego oraz przede wszystkim procedurę składania montażu. Rozkładanie montażu powinno odbywać się w odwróconej kolejności.

Podstawa montażu

Podstawa wykonana ze sklejki #20mm posiada kształt zapewniający stabilne położenie montażu poprzez wsparcie na trzech regulowanych stopach. Dodatkowe wybrania materiału zmniejszają masę podstawy a łącznik usztywnia konstrukcję i wzmacnia miejsca łożyskowania podkowy.



Podkowa montażu oparta jest w trzech punktach: na osi Ra oraz na dwóch rolkach bocznych widocznych na pierwszym planie. Na łożyskowanej osi Ra zamontowane jest koło zębate napędu tej osi. Oś Ra jest nagwintowana na końcu gwintem M10. Rolki boczne wspierające podkową również są łożyskowane i pokryte są gumą w celu lepszego kontaktu z podkową i eliminacją ewentualnych drgań.

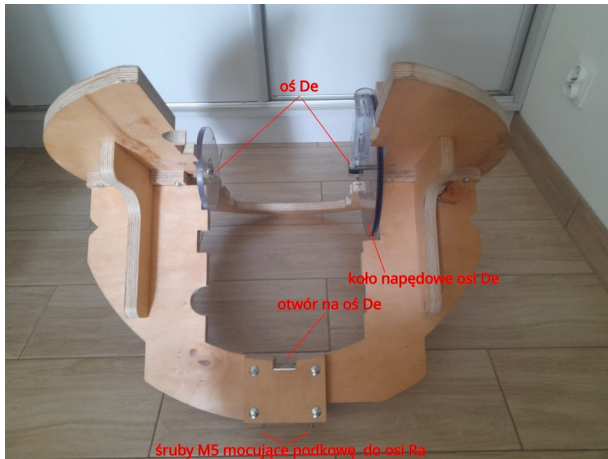


Podkowa mocowana jest zarówno do osi Ra za pomocą nakrętki M10 jak i do koła zębatego napędu za pomocą dwóch śrub M5 wchodzących w pokazane na zdjęciu otwory mocujące. Nakrętkę motylkową M10 montuje się na oś Ra w górnej części podkowy a śruby M5 dokręcane są do koła napędowego od spodu za pomocą dwóch nakrętek motylkowych M5.

W dolnej części koła napędowego znajduje się otwór na przewody zasilające silnik osi De. Zdjęcie pokazuje prawidłowe położenie koła napędowego Ra podczas montowania lub demontażu podkowy napędu.

Podkowa montażu

Podkowa montażu wykonana jest ze sklejki #20mm i usztywniona jest w miejscu połączenia z osią Ra jak i w miejscu łożyskowania osi De.

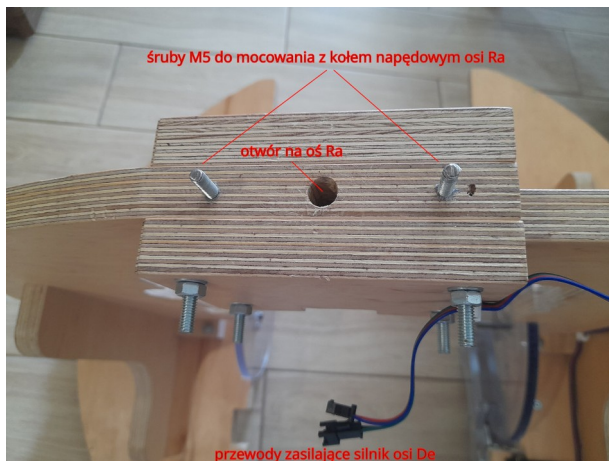


Dodatkowe wzmocnienia poziome usztywniają całość kształtu podkowy. Prostopadle do płaszczyzny podkowy dołączony jest otwarty wycinek koła (bieżnik) na którym wspiera się podkowa. Na zdjęciu pokazane zostało miejsce gdzie podkowa mocowana jest do osi i koła napędowego Ra.

W środkowej części podkowy widoczne są miejsca gdzie znajduje się oś De. Składa się ona z dwóch współosiowych, łożyskowanych prętów

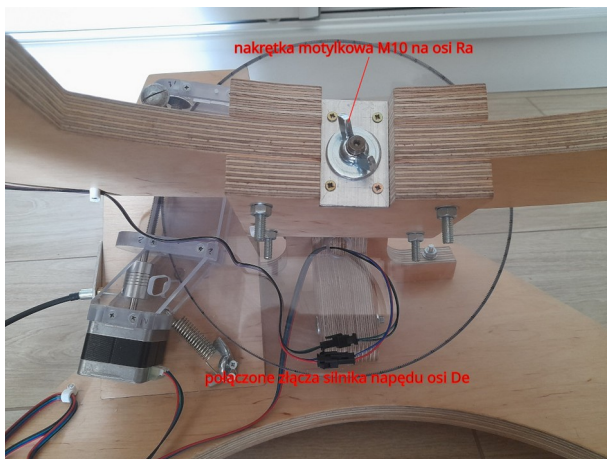
zakończonych kołami zapewniającymi napęd z jednej strony oraz mocowanie jarzma, na którym osadza się teleskop.

Wzmocniony spód podkowy ma otwór na oś Ra oraz dwa gwintowane pręty M5, którymi podkowa związana jest na stałe z mechanizmem napędu osi Ra. Oś Ra i śruby M5 pasują do pokazanych wcześniej elementów napędu podstawy – w szczególności do osi Ra i otworów koła napędowego Ra.



Połączenie podkowy z podstawą montażu

Połączenie podkowy z podstawą należy wykonać ze szczególną ostrożnością.



Warunkiem podstawowym tej operacji jest odsprężenie napędu osi Ra, co zapobiegnie ewentualnym uszkodzeniom ślimaka koła napędowego. Następnie należy ustawić podkowę skierowaną otworem na oś Ra pod kątem ok. 51 stopni a więc w miarę równoległe do osi Ra. W tym czasie koło ślimakowe osi Ra powinno być ustawione jak pokazano wcześniej a więc otworami na śruby M5 w położeniu poziomym. Podkowę należy nasunąć otworem na oś Ra a następnie doprowadzić do stanu kiedy śruby M5 podkowy

wejdą w otwory w kole ślimakowym Ra. Prawdłowo założona podkowa będzie się opierać bieżnikiem o obrotowe wsporniki podkowy a śruby M5 wystawać będą od spodu koła napędowego osi Ra.

Właściwe połączenie podkowy z osią Ra należy wykonać za pomocą nakrętki motylkowej M10 z

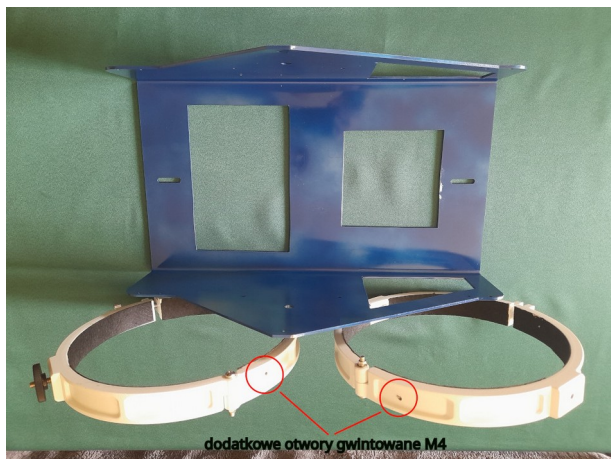


podkładką od góry oraz za pomocą dwóch nakrętek motylkowych M5 z podkładkami od dołu jak pokazano na obu rysunkach. Przy założeniu nakrętek M5 może pomóc obrót podkowy do miejsca gdzie dostęp do śruby będzie łatwiejszy.

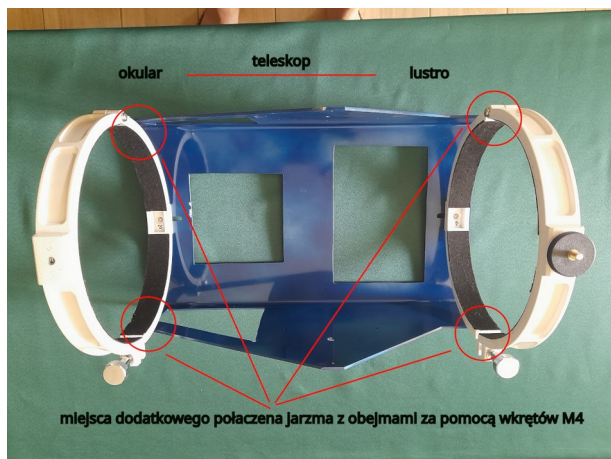
Ostatnim elementem tej fazy montażu jest połączenie przewodów zasilania silnika De. Połączenie składa się z dwóch par złączek 2F/2M i nie ma możliwości omyłkowej zmiany sposobu połączenia.

Uwaga: demontaż podkowy odbywa się w odwrotnej kolejności: najpierw należy rozłączyć przewody, następnie odkręcić nakrętki motylkowe M10 i M5 a na koniec zsunąć podkową z osi Ra. Krytycznym momentem jest rozłączenie przewodów bowiem zsuniecie podkowy z osi Ra bez rozłączenia przewodów spowoduje ich urwanie!

Montaż jarzma teleskopu do osi De



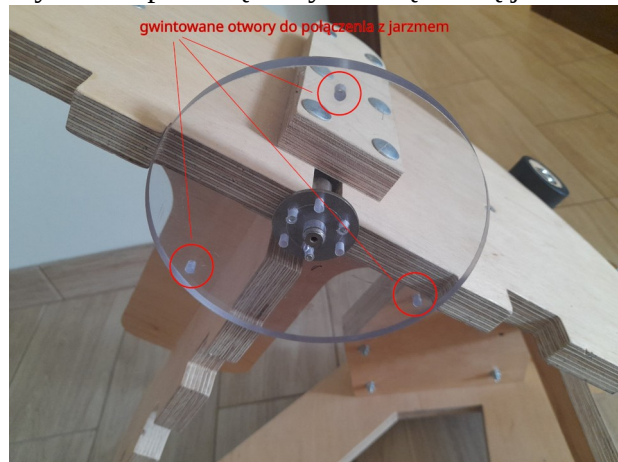
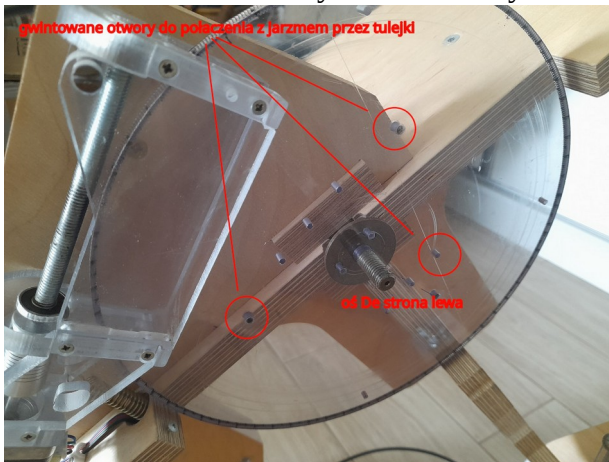
Podobnie jak w przypadku montażu podkowy należy w pierwszej kolejności odsprzęgnąć napęd osi De. Jarzmo stanowi łącznik między osią De i teleskopem. Do jarzma dokręcone są obejmy teleskopu, które w zasadzie utrzymują teleskop w montażu i zapewniają sztywność konstrukcji. Jarzmo wykonane jest ze stalowej blachy nierdzewnej #3mm techniką CNC.



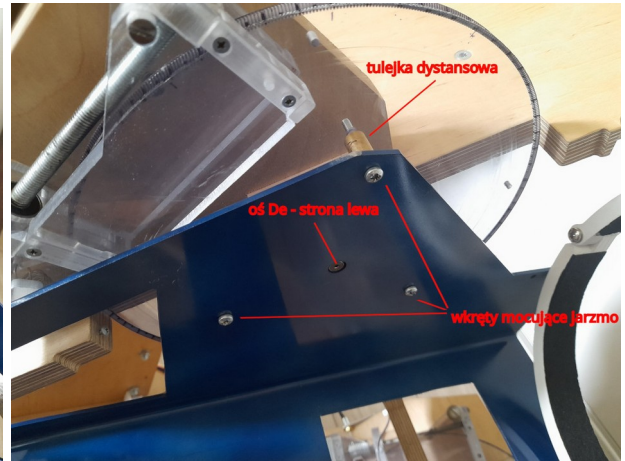
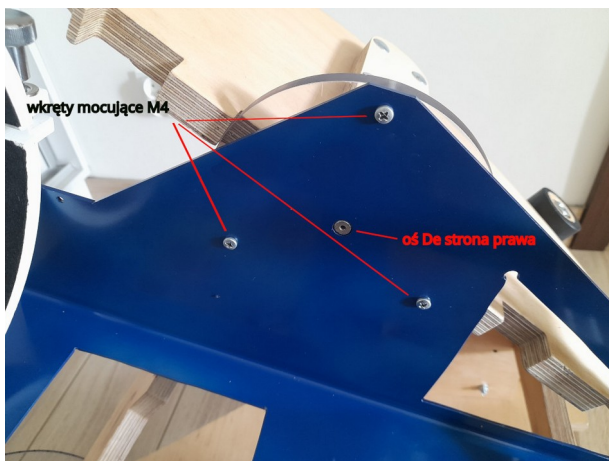
Na zdjęciach pokazano osobno jarzmo i obejmy teleskopu oraz obejmy zamontowane na jarzmie. W zasadzie nie ma potrzeby aby demontować obejmy bez istotnego powodu ale w razie takiej konieczności należy zapamiętać ich położenie wzajemne i względem jarzma w celu skutecznego, ponownego montażu.

Zdjęcie pokazuje również w jaki sposób należy posadzić na jarzmie teleskop. Lustro teleskopu powinno być zwrócone w stronę bieżnika podkowy a ostateczne położenie teleskopu należy ustalić sprawdzając czy dolna część teleskopu nie zahacza o bieżnik pochylając teleskop w górę i dół.

Jarzmo ma z obu stron wykonane otwory na 3 śruby M4 za pomocą których dołącza się je do kół



osi De. W tym celu, po odsprężeniu napędu osi De należy wsunąć jarzmo w taki sposób aby otwory $\phi 10\text{mm}$ w jarzmie były współosiowe z osią De a następnie należy wkręcić z obu stron 3



wkręty M4. Najłatwiej jest zacząć od strony mniejszego koła tym bardziej, że od strony większego koła (które jest kołem przekładni ślimakowej osi De) potrzebne są dodatkowe tulejki dystansowe.



Na zdjęciach pokazane zostały miejsca gdzie należy użyć wkrętów mocujących. Prawidłowo osadzone jarzmo ma z obu stron widoczne w otworach $\phi 10$ końcówki lewej i prawej części osi De.

Demontaż jarzma jest dość prosty i odbywa się w kolejności odwrotnej do opisanej wyżej. Należy odsprężnić obie osie, i w pierwszej kolejności zdemontować teleskop. Obejmy teleskopu należy prowizorycznie połączyć. Następnie należy wykręcić wkręty mocujące z obu stron jarzma

pamiętając aby uchwycić tulejki dystansowe od strony koła napędowego De. Na końcowym etapie demontażu należy podtrzymywać jarzmo od spodu aby ułatwić demontaż jarzma.

Osadzenie teleskopu w jarzmie

Przed montowaniem lub demontowaniem teleskopu na montażu **należy odsprzęglić oba napędy** co



uchroni je przed uszkodzeniami podczas tych operacji. Najłatwiejszą pozycją do montażu lub demontażu jest taka, w której jarzmo jest ustawione w poziomie – jest to w przybliżeniu naturalna pozycja jarzma. Podczas osadzania teleskopu należy otworzyć obie obejmy a następnie wsunąć teleskop od otwartej strony bieźnika podkowy. Podobnie, podczas demontażu teleskopu, po otwarciu obejm należy wysunąć teleskop w kierunku otwartej części bieźnika. Należy przy tym mocno i pewnie trzymać teleskop z obu stron za krawędź przeciwwagi oraz wgłębienie w pokrywie tubusa teleskopu.



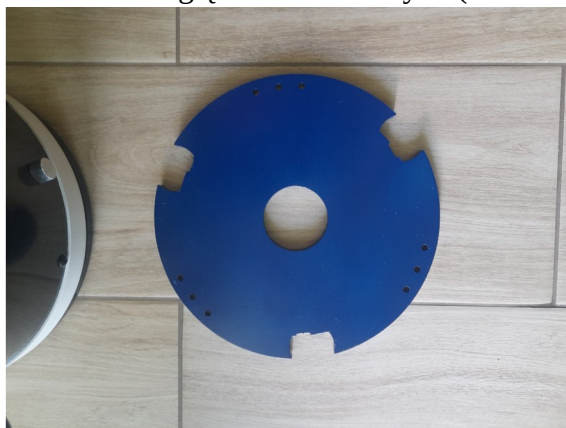
Jeśli początkowo montaż należy zorientować względem nieba to szukacz i tubus okularowy powinny być skierowane do dołu. Ułatwi to później orientację montażu na Gwiazdę Polarną. Jeśli montaż jest już zorientowany w przestrzeni to dla obserwacji zenitalnych i skierowanych na południe należy teleskop osadzić/obrócić tak aby leżąc poziomo miał skierowany szukacz i tubus okularowy do góry. Obserwacja nieba północnego będzie wygodniejsza jeśli teleskop zakładany będzie na montaż szukaczem i tubusem okularowym do dołu.

Teleskop na montażu jest wyważony w położeniu bliskim równowadze ale w przypadku osadzenia przy otworze tubusa ciężkiego osprzętu może być wymagana dodatkowa przeciwwaga od strony lustra.

Na pierwszym zdjęciu pokazano osadzony teleskop skierowany na południowo- wschodnią część nieba. Na zdjęciu tym widać również wyraźnie, w kolorze czerwonym, dźwignie sprzęgieł napędów obu osi. Na drugim zdjęciu teleskop zorientowany jest na obserwacje nieba w przybliżeniu na południowo- zenitalny obszar nieba.

Przeciwwaga teleskopu

Ze względów technicznych (rozmiar montażu) celowe jest obniżenie środka ciężkości



teleskopu za pomocą dodatkowej przeciwwagi dokręconej na spodzie teleskopu do dolnej obręczy lustra głównego. Z lewej strony widać przeciwwagę wykonaną z nierdzewnej blachy stalowej o masie ok. 2.5kg. Wycięcia na obwodzie przeciwwagi pozwalają na swobodny dostęp do śrub regulacyjnych i kontrujących lustra głównego. Środkowy otwór zapewnia naturalny przepływ powietrza i w razie konieczności pozwoli na zamontowanie wentylatora.

Dalsze zdjęcia pokazują miejsca w dolnej części teleskopu gdzie wykonane zostały dodatkowe

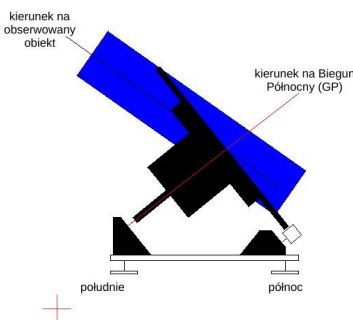


otwory gwintowane do mocowania przeciwwagi oraz przeciwwagę zamontowaną na miejscu za pomocą trzech wkrętów M4 z podkładkami.

Orientacja montażu w przestrzeni

Od prawidłowej orientacji montażu w przestrzeni zależy przede wszystkim dokładność skoków goto. Astrofotografia z mechanizmem guide powinna skutecznie korygować niedokładności ustawienia na Biegun Północny nieba a do obserwacji wizualnych wystarczy orientacyjne ustawienie montażu.

Ustawienie orientacyjne



Do przeciętnych obserwacji wizualnych wystarczy prowizorycznie zorientować montaż za pomocą poziomnicy i kompasu. Ta część montażu gdzie znajdują się dwie stopy skierowana powinna być na północ a ta gdzie znajduje się jedna stopa to część południowa montażu. Rysunek pokazuje teleskop na montażu zwrócony w południowym kierunku nieba.

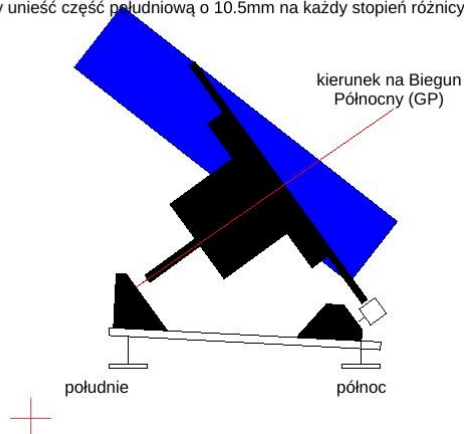
Poziomowanie montażu wykonuje się z użyciem poziomnicy w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach (W-E oraz N-S) zaczynając od poziomicowania części południowej gdzie znajdują się dwie stopy (kierunek W-E).



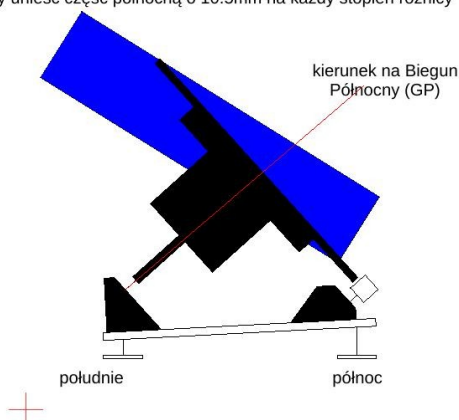
Dla kontroli, można tu również sprawdzić czy teleskop ustawiony do pionu jest w takiej pozycji pionowy – sprawdzenie powinno odbywać się z obu stron teleskopu ponad osią De. Kolejno należy wykonać poziomicowanie w osi N-S a regulacja poziomu odbywa

się teraz za pomocą stopy od strony południowej. Jeśli obserwacja odbywa się na szerokości geograficznej 51 stopni to takie ustawienie jest w zasadzie wystarczające do obserwacji wizualnych choć może powodować większe błędy dla skoków goto. Jeśli szerokość geograficzna różni się od 51 stopni to należy jedną ze stron obniżyć lub podwyższyć według podanej dalej reguły wiedząc, że każdy stopień różnicy to ok. 10.5mm różnicy w wysokości strony północnej i południowej.

jeśli szerokość geograficzna jest mniejsza niż 51 stopni
wtedy unieść część południową o 10.5mm na każdy stopień różnicy

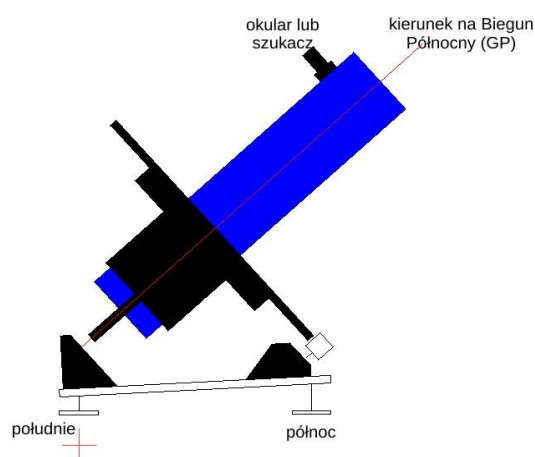


jeśli szerokość geograficzna jest większa niż 51 stopni
wtedy unieść część północną o 10.5mm na każdy stopień różnicy



Jeśli szerokość geograficzna miejsca obserwacji jest mniejsza niż 51 stopni należy podnieść południową część montażu o ok. 10.5mm na każdy stopień różnicy. Podobnie, jeśli szerokość przekracza 51 stopni należy podnieść część północną. Oczywiście, jeśli standardowy zakres regulacji wysokości stóp na to pozwoli to zamiast podnoszenia części północnej można zastosować obniżenie części południowej. Generalnie, różnica w wysokości północnej i południowej strony montażu powinna wynosić ok. 10.5mm na każdy stopień różnicy a to, która z części powinna być wyżej zależy od podanej reguły.

Ustawienie na Biegun Północny (Gwiazdę Polarną)



Dokładniejsza orientacja montażu podkowiastego może być wykonana jedną ze znanych metod np. metodą dryftu lub metodą dla platformy paralaktycznej co zostało opisane pod adresem:

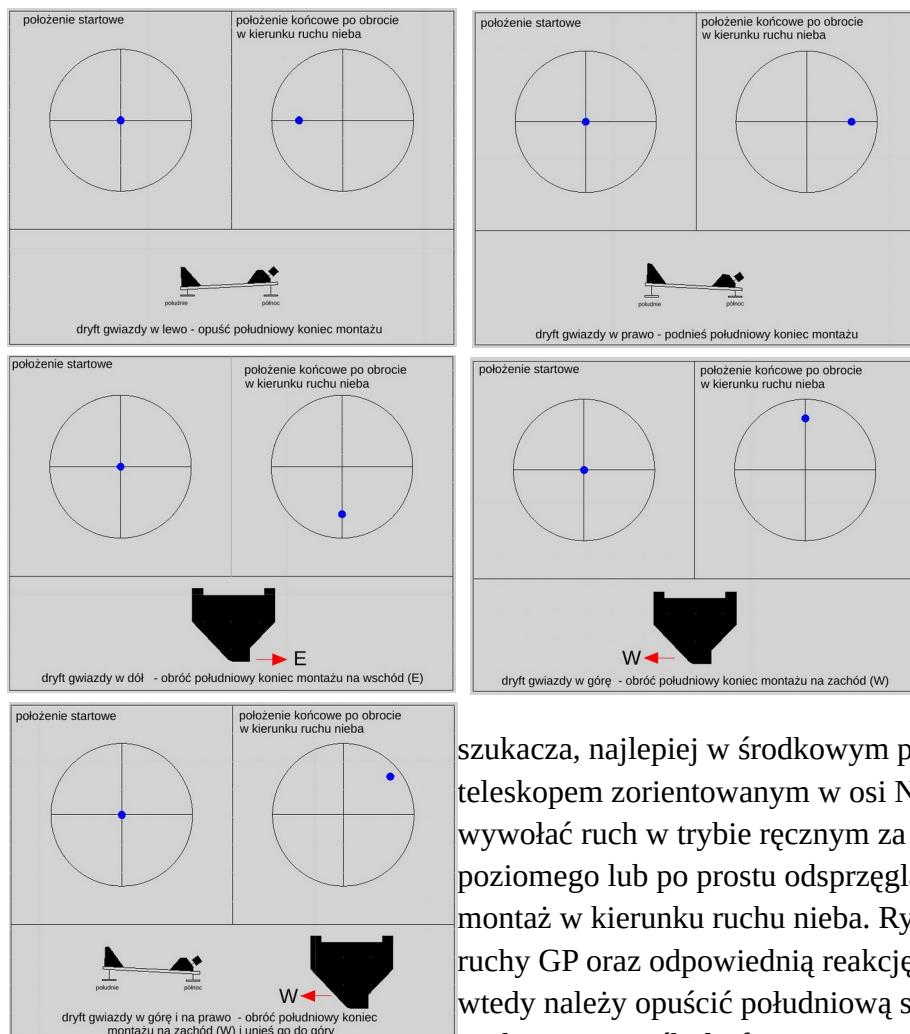
<https://lx-net.pl/platf/platf13.htm> Jakkolwiek Gwiazda Polarna nie leży dokładnie na biegunie północnym nieba ale na tyle blisko aby orientacja montażu na GP wystarczała zarówno do śledzenia jak i skoków goto. Ustawienie montażu należy zacząć od wykonania wcześniej opisanej procedury ustawienia orientacyjnego. Następnie należy skierować teleskop na Gwiazdę Polarną (GP) co powinno odpowiadać pozycji jak na

pokazanym rysunku gdzie oś teleskopu pokrywa się z osią Ra montażu. Ważne jest również aby okular lub szukacz znajdowały się możliwie dokładnie na szczycie teleskopu. W takim ułożeniu należy ustawić Gwiazdę Polarną w centrum pola widzenia a następnie uruchamiając sterowanie manualne w osi Ra (prawy klawisz poziomy pilota) lub obracając osią Ra w kierunku ruchu nieba należy obserwować, w którą stronę nastąpi ewentualne przesunięcie gwiazdy. Najlepiej do tego nadawał się będzie szukacz nieco gorzej okular o długiej ogniskowej – oba najlepiej z krzyżem nitek. Przy dokładnym ustawieniu na biegun, położenie Gwiazdy Polarnej nie powinno opuszczać centrum pola widzenia. Dla dużych powiększeń GP będzie zataczać okrąg o promieniu ok. 0.8 stopnia ze względu na właśnie takie jej oddalenie od Bieguna Północnego.

W zależności od tego, w którą stronę nastąpił dryft gwiazdy w okularze lub szukaczu należy wykonać podane niżej akcje pamiętając, że **dotyczą one szukacza a więc obrazu prostego**.

Orientacja montażu z pomocą okulara wymaga odwrócenia akcji dla dryftu w prawo lub w lewo. Krzyż nitek można prawidłowo ustawić w szukaczu lub okularze kierując teleskop dokładnie na południe. Z wyłączonym napędem osi Ra ruch wybranej gwiazdy powinien odbywać się wzdłuż poziomej nitki szukacza a jeśli jest inaczej należy obrócić szukacz tak aby spełnić to wymaganie. Dla gwiazd na południu nitka szukacza powinna leżeć poziomo. Po obrocie teleskopu wzdłuż osi o 180 stopni szukacz znajdzie się dokładnie od spodu teleskopu a przestawienie montażu na GP zapewni, że szukacz będzie ponownie u góry teleskopu a krzyż nitek ustawiony poprawnie.

Dla opisanych dalej przypadków każdorazowo na początku procedury należy ustawić GP w środku



szukacza, najlepiej w środkowym położeniu osi Ra a więc z teleskopem zorientowanym w osi N-S a następnie należy wywołać ruch w trybie ręcznym za pomocą prawego klawisza poziomego lub po prostu odsprzęglając oś Ra i obracając montaż w kierunku ruchu nieba. Rysunki pokazują możliwe ruchy GP oraz odpowiednią reakcję. Jeśli obiekt dryfuje w lewo wtedy należy opuścić południową stronę montażu i analogicznie, jeśli dryfuje w prawo wtedy należy unieść stronę

południową. Podobnie, dryf obiektu w dół wymaga obrotu montażu południową stroną lekko na zachód (W) i analogicznie dryft w dół wymaga korekty tej strony montażu w kierunku wschodnim (E). Zwykle jednak dryft odbywał się będzie zarówno w kierunku pionowym jak i poziomym co obrazuje ostatni rysunek ale dobrą praktyką jest korygowanie położenia dla kierunku o największej zmianie (górze-dół lub prawo-lewo). Po wykonaniu korekty należy ponownie ustawić GP w środku pola widzenia i powtórzyć opisaną procedurę korekty.