

ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO PARA POLARIMETRIA

Cláudia Vilega Rodrigues

Versão original: Junho/2000 - Atualizada: Fevereiro/2005

1 Resumo

As observações polarimétricas usando o módulo polarimétrico acoplado as câmaras diretas do LNA são muito semelhantes às fotométricas. As principais etapas são:

1. testar programa de controle do módulo durante à tarde (Sec. 2);
2. obter imagens para calibração do CCD: bias e flats;
3. calar telescópio;
4. fazer foco do instrumento - que pode/deve ser refeito durante a noite;
5. medidas de estrelas-padrões - pelo menos duas ao longo da noite em cada filtro observado (Sec. 4);
6. medidas das estrelas de programa (Sec. 3).

Não descreveremos as rotinas referentes à calagem do telescópio e foco do instrumento. Elas são descritas em documentação específica encontrada no LNA.

ATENÇÃO! Ao se realizar um seqüência de imagens em diferentes posições da lâmina, você **NÃO** pode iniciar uma integração antes que a lâmina esteja posicionada. Isto é, não se pode mudar a posição da lâmina e simultaneamente iniciar a integração!

2 Teste do programa de controle

Antes de se iniciar as observações, preferencialmente durante à tarde, é conveniente testar o programa de controle do módulo polarimétrico. Isso pode ser feito através dos procedimentos seguintes:

- zerar as posições da lâmina retardora, da roda de calcita/polaróide e da roda de filtros;
- alternar a calcita e o polaróide no feixe algumas vezes. Isso se faz através das teclas "C" para posicionar a calcita e "P" para o polaróide;
- variar os filtros fotométricos através das teclas "B", "V", "R" e "I";

- dar algumas voltas na lâmina retardora. Uma volta da lâmina (360°) corresponde a 16 posições. A posição 1 corresponde ao ponto fiducial dessa roda. O movimento da roda não precisa ser realizado passo-a-passo: você pode dar alguns passos únicos ("1", "2", "3", por exemplo) e a seguir mandar a roda para posições mais avançadas ("10", "13" e "16"). Volte depois ao ponto fiducial (posição 1 ou zerar lâmina).

É importante fazer o teste do funcionamento do módulo de controle, pois não é incomum existir algum problema no mecanismo de posicionamento das rodas já que ele é relativamente frágil.

3 Medidas de polarização

A sistemática de observações polarimétricas é simples. Porém, antes de descrevê-la vamos apresentar rapidamente o instrumento. Isso tornará mais fácil a compreensão do procedimento observacional. O módulo polarimétrico acrescenta ao caminho óptico do feixe, além dos filtros fotométricos:

- um elemento retardor que pode ser: (1) uma **lâmina de meia-onda** (para se medir polarização linear); (2) uma **lâmina de quarto-de-onda** (para se medir polarização circular e linear);
- um elemento polarizador que pode ser um **bloco de calcita** (para se medir objetos puntiformes) ou um **polaróide** (para se medir objetos extensos). O **bloco de calcita** separa o feixe incidente em dois feixes de polarizações ortogonais comumente chamados de ordinário e extraordinário. A soma das intensidades dos dois feixes é aproximadamente a intensidade total do feixe incidente. Um único feixe emerge do **polaróide**. Esse feixe é 100% polarizado de acordo com o eixo óptico do polaróide. A fração da intensidade do feixe emergente com relação a do incidente pode variar entre 0 e 1. No caso de um feixe não-polarizado ou pouco polarizado, essa fração é aproximadamente igual a 0.5.

O elemento polarizador possui seu eixo óptico fixo e normalmente não é alterado ao longo da noite. Por exemplo: no caso de observações de objetos puntiformes, você deve posicionar a roda na calcita e não deverá alterar essa posição ao longo de toda a noite.

A lâmina retardora é a "alma" do módulo: é através de medidas em várias posições do retardor que poderemos calcular a polarização do objeto de interesse. Uma volta completa da lâmina dá-se com 16 posições da lâmina, isto é, a diferença em graus entre duas posições consecutivas da lâmina é $22,5^\circ$. Usando a lâmina de meia-onda, a cada quatro posições temos a mesma configuração do ponto de vista óptico. Assim, a posição 1 é equivalente à 5, que é equivalente à 9 e assim por di-

ante¹. Desse modo, uma medida de polarização LINEAR pode ser obtida com apenas 4 imagens do campo cada uma em posições consecutivas da lâmina, mas seria idealmente obtida com as 16 posições (uma volta geométrica completa). O usual é se realizar OITO (8) medidas do campo em posições subseqüentes da lâmina. Isso fornece um bom compromisso entre a cobertura das posições da lâmina e a qualidade do ajuste da polarização. Isto é, por haver redundância nas medidas torna-se mais fácil durante a redução se detectar possíveis problemas nas observações e também acompanhar a qualidade dos dados. Por exemplo: os dados relativos às imagens 1 e 5 deveriam fornecer resultados iguais dentro das barras de erro - se a polarização do objeto não for temporalmente variável.

Quando se utiliza a lâmina de quarto-de-onda, a mesma configuração óptica é obtida a cada 8 posições. Assim, para se medir polarização circular é necessário ao menos 8 posições consecutivas da lâmina retardora.

IMPORTANTE: O ângulo obtido para a polarização depende da posição da lâmina na primeira imagem: isto é, o ângulo depende se a primeira imagem foi obtida na posição 1, 2, 3 ou 4 (ou uma de suas equivalentes). Para facilitar a aquisição de dados, pode ser interessante se convencionar a realizar a primeira imagem de um objeto na posição 1 ou na posição 9 da lâmina - supondo que se fará a aquisição de 8 imagens para cada objeto.

DICA: Por se tratarem de objetos brilhantes e também porque a calibração dos dados depende das estrelas-padrões, costumo realizar as medidas de calibração com 16 posições da lâmina.

4 Calibração da polarimetria: Estrelas-padrões

Vamos descrever nesta seção a obtenção de dados relativos a estrelas-padrões polarimétricas e calibrações. Os dados polarimétricos podem ser usados para realizar fotometria diferencial ou absoluta. Nesse último caso, medidas de estrelas padrões de fluxo devem ser realizadas nos moldes da fotometria convencional: não entraremos nesses detalhes aqui.

Três correções básicas devem ser aplicadas às medidas polarimétricas:

1. Conversão do ângulo de polarização do sistema instrumental ao sistema equatorial padrão;
2. Correção devida à eficiência do conjunto instrumental;
3. Correção devida à introdução de alguma polarização instrumental na medida.

A conversão ao sistema equatorial padrão (correção 1) é fundamental e é calculada a partir de medidas de pelo menos duas estrelas-padrões polarizadas ao longo

¹Essa equivalência pode não ser perfeita devido a irregularidades nos elementos ópticos.

da noite em cada filtro usado. Isto é necessário pois a correção não é a mesma para todos os filtros. A correção é calculada pela diferença entre o valor instrumental obtido e o encontrado na literatura. As medidas são feitas de maneira usual conforme o descrito acima (Sec. 3).

As correções 2 e 3 para a configuração instrumental usada no LNA com calcita normalmente não precisam ser aplicadas pois são muito pequenas, porém é importante ter uma estimativa em cada missão.

A eficiência do conjunto instrumental estima-se através da medida de QUALQUER estrela usando o filtro de Glan². Ele transforma o feixe de luz incidente em um feixe 100% polarizado. Isso não depende da polarização incidente. Assim, essas medidas podem ser feitas com estrelas de programa, estrelas-padrões polarizadas ou não ou qualquer outra estrela. Assim, se as polarizações obtidas para as estrelas medidas com o filtro Glan não forem iguais a 100% é necessário corrigir as observações.

ATENÇÃO: O Glan é bastante pequeno e não cobre todo o campo do CCD. Tenha certeza que o objeto que você usará na redução está bem centrado no CCD.

DICA: Eu acho bem difícil fazer foco com o filtro Glan. Se a imagem não estiver horripilante, pode ser interessante não se mexer muito no foco. Isso no IAG não é muito crítico, pois o foco tem um *readout* digital. De qualquer modo, a moral é que não há necessidade de ser perder muito tempo no foco com o filtro Glan. Outra coisa: você notará uma variação estupenda nos fluxos dos feixes ordinário e extraordinário (Sec. 3) entre as imagens em diferentes posições da lâmina. Em algumas imagens, o fluxo pode ser praticamente zero em um dos feixes. Isso é normal, pois a luz está 100% polarizada.

A polarização instrumental estima-se através de medidas de estrelas reconhecivelmente não-polarizadas. É bom medir em torno de 2 estrelas por noite em cada filtro para o qual se pretende realizar medidas de estrelas de programa. Assim, se alguma dessas estrelas apresentar uma polarização medida diferente de zero (considerando-se os erros), é necessário se subtrair esse valor das medidas das estrelas de programa.

Do ponto de vista de distribuição dessas observações ao longo da noite, é interessante começar a noite com a medida de uma estrela-padrão polarizada, pois sem ela não será possível transformar a medida para um referencial padrão. Se possível fazer também um padrão não-polarizada e em uma delas efetuar medidas com o filtro Glan. Todas as medidas de calibração devem ser realizadas em todos os filtros que serão usados para as estrelas de programa.

²O filtro de Glan é introduzido no feixe por uma haste que fica do lado de fora da câmara no lado oposto, acho, à ocular de campo.

5 Características das medidas feitas com calcita

O arranjo usado no LNA para se medir a polarização com calcita é tal que possui algumas particularidades, as quais vamos apresentar rapidamente a seguir:

Polarização do céu: O céu é normalmente polarizado. Assim, a polarização medida para um dado objeto deveria incluir a polarização do objeto fora da atmosfera e a polarização do céu, pois dentro da abertura de extração fotométrica existem fótons provenientes tanto do céu como da estrela. A utilização da calcita, porém, faz com que a polarização do céu seja automaticamente removida durante a redução. Assim, um céu alto interfere nas observações apenas quanto à diminuição da razão sinal-ruído, mas não impede que as medidas sejam realizadas satisfatoriamente. Por exemplo: um céu de lua cheia é altamente polarizado (na realidade, isso depende do ângulo entre o campo e a Lua). Porém, a polarização do céu não interfere nas medidas dos objetos de interesse.

Flutuação do céu: A redução dos dados é feita de modo relativo. Especificamente: a análise não é baseada nas intensidades absolutas dos feixes ordinário e extraordinário de um dado objeto, mas sim na razão entre eles. Desse modo, noites pouco fotométricas permitem obtenção de dados de qualidade razoável, pois a técnica é diferencial. Isso porque flutuações do céu afetam de maneira similar os dois feixes.

Esses comentários aplicam-se apenas a dados obtidos com a calcita. Dados obtidos com o polaróide - usado normalmente para objetos extensos - não possuem as vantagens descritas acima. Assim, necessitam de condições meteorológicas muito mais restritivas.

6 Como observar - Resumão

Durante à tarde:

- testar módulo polarimétrico;
- fazer bias. Eu costumo fazer em torno de 100 por noite;
- fazer flats. Eu costumo fazer, no mínimo, 20 por cada filtro em cada noite, se forem vários filtros. Se for apenas um filtro, faço em torno de 50. (Sim, haja paciência....)

Atenção! Coloque todas as imagens de bias e flats na fita de dados. Não traga apenas o bias/flat médio.

Escurecendo...

- calar telescópio;

- fazer foco;
- medir 1 padrão polarizada em todos os filtros em que serão realizadas medidas das estrelas de programa - 16 posições da lâmina;
- medir 1 padrão não-polarizada em todos os filtros em que serão realizadas medidas das estrelas de programa - 16 posições da lâmina;
- medir um estrela no filtro Glan - 16 posições da lâmina. Eu costumo usar umas das padrões, a mais brilhante para aumentar o sinal/ruído;
- medir estrelas de programa - 8 posições da lâmina;

O dia está para clarear:

- não esqueça de realizar uma sequência de padrões polarizada, não-polarizada e com Glan.

BOA SORTE E NOITES LIMPAS!