.

GUIA DE COSMOLOGIA – 2do Cuatrimestre 2002

Curso de postgrado u optativo de grado – Dept de Física, FCEyN-UBA

V. : radiacion cosmica de fondo – calculo numerico – condiciones iniciales – parametros cosmologicos – ajuste a datos observacionales – ultima: 26-11-2002

ΛCDM) Corra el codigo numerico cmbfast par un modelo "estandar" ΛCDM con $\Omega_{\rm b} = 0.05$, $\Omega_{\rm c} = 0.3$, y $\Omega_\Lambda = 0.65$ para las concentraciones de bariones, cold dalk matter (materia oscura fria) y constante cosmologica Λ. Use ademas un parametro de Hubble $H_0 = 65$ km/s/Mpc , temperatura actual para la radiacion cosmica de fondo de $\rm T_0 = 2.728K$, y una abundancia relativa (en masa) para el ^{4}He dada por Y=0.24 . Tome condiciones iniciales adiabaticas (o isoentropicas) para las perturbaciones, con espectro de Harrison-Zel'dovich. Considere ademas que no hay contribucion de modos tensoriales (ondas gravitatorias) y que el numero de neutrinos es el usual. [se tarda mas en leer esto que en correrlo!]

1- grafique el espectro angular de potencias para las anisotropias en la temperatura de la radiacion de fondo dado en la forma $\ell(\ell+1)C_\ell/(2\pi)$ versus ℓ [como Ud. bien sabe, es la segunda columna del archivo de datos que el programa genera]. Explique el por qué de esta expresion a graficar. Es arbitraria?, se la emplea por razones historicas?, o es que tiene alguna razon de ser practica?

2- la tercera columna del archivo de datos indica el espectro analogo para los modos "E" de la polarizacion de la radiacion de fondo. Si Ud. quisiera poder graficar ambas columnas (la 2da y la 3ra) en un mismo plot, quizas le convenga emplear coordenadas logaritmicas (al menos para el eje "y"). Notara que la amplitud maxima de la polarizacion es muy pequeña comparada con la amplitud de las anisotropias en la temperatura. A partir de su grafico, qué "porcentaje" de la radiacion de fondo se halla polarizada en el modelo (y con los parametros cosmologicos) que Ud acaba de correr?

3- la cuarta columna del archivo de datos indica la "correlacion cruzada" entre temperatura T y polarizacion E. Estos numeros toman valores positivos y negativos – no se sorprenda si su graficador no le muestra toda la curva (en coordenadas logaritmicas). Mirando las tres curvas (TT , EE y TE) Ud recordara que si bien la TT esta muy bien delimitada por las observaciones, la amplitud de EE recien viene de descubrirse en una pequeña region del cielo (experiencia DASI). Dado que es tan dificil alcanzar la sensibilidad necesaria para detectar tan pequeña señal sobre todos los multipolos ℓ, discuta si la curva TE puede servir para decir algo sobre la polarizacion en aquellas escalas angulares en que la EE no se detecta?

4- los espectros TT y EE poseen similitudes y diferencias: por ejemplo, la presencia de oscilaciones, una amplitud que decrece hacia los angulos grandes (donde ℓ disminuye), la escala angular en la que adquieren sus maximos de amplitud, sus frecuencias de oscilacion, las posiciones angulares de sus varios maximos y minimos de oscilacion, la existencia de una escala angular a partir de la cual la amplitud decrece en forma abrupta, el desfasaje en las oscilaciones, etc. Trate de explicar en pocas lineas algunas de estas caracteristicas (o todas para una mencion especial). No dude en consultar la literatura (libros, reseñas en la web, etc) para hacerlo.

ParCosmo) Bien, ahora empezamos a usar el codigo como se debe.
1- Corra cmbfast y aumente la cantidad de bariones en un 20% respecto del modelo del ejercicio precedente (y conserve la geometria plana del modelo). Que pasa con el perfil del espectro (de la temperatura, por ejemplo)? Nota un cambio significativo en la posicion de los picos y valles? Nota alguna alteracion en las alturas (absolutas y relativas) de los 1ros picos acusticos? Explique brevemente la fisica de lo que ve en el grafico.
2- Varie ahora en forma arbitraria la cantidad de bariones (pero sin dejar completamente de lado los resultados de nucleosintesis). Haga lo mismo con la cantidad de energia de vacio [En ambos casos, conserve un universo plano.] Logra distinguir los espectros obtenidos por uno y otro camino? O es que hay "degeneracion" en este espacio reducido de parametros? Y si ahora modifica tambien el indice espectral de las perturbaciones escalares (o sea, que deja de ser valido $n_{\rm S} = 1$), logra alguna degeneracion?
3- Corra un modelo con reionizacion y vea como cambia el espetro de las anisotropias en T. Nota la diferencia? Que valores debe colocar para Z de reionizacion y para la fraccion de ionizacion para lograr diferencias del 10% ? Grafique ahora el espectro de la polarizacion. Cambia con respecto al caso sin reionizacion? Cual de los dos espectros es mas sensible a una eventual reionizacion del medio intergalactico? [De ejemplos concretos de Z de reionizacion y fraccion de ionizacion que avalen sus afirmaciones]
4- Corra un modelo con "lensing gravitatorio" y vea las diferencias con respecto a los otros modelos que ya empleo [quizas le haga falta llegar hasta un ℓ_{max} mayor que 1500].
5- En el modelo con lensing que ya corrio (aunque lo haya hecho para $\ell_{max} = 1500$) Ud tuvo que seleccionar que cmbfast calculase tambien la funcion de transferencia. Ya que Ud ahora cuenta con este archivo de datos adicional, grafiquelo e identifique la curva correspondiente a la funcion de transferencia de los bariones. Que hay en la curva que la hace inconfundible (y diferente de la correspondiente a la materia oscura fria, por ejemplo)?
6- Quizas el punto anterior sea mas facil de responder haciendo lo siguiente: Al seleccionar lensing, cmbfast calcula tambien la funcion de transferencia (FT). Y no solo eso, Ud tambien puede pedir la FT a distintas epocas (o valores de Z). Al hacerlo asi, usted puede verificar que la "forma" y la "amplitud" de la TF variara con el correr del tiempo. Corra entonces el programa siguiendo estos lineamientos, obtenga los datos correspondientes y presente los graficos necesarios para mostrar que Ud ha entendido lo que acaba de leer. Aumenta o disminuye la amplitud de las curvas con el aumento de Z? Se acentuan o moderan los signos distintivos de la FT de los bariones con el aumento de Z?
7- Varie ahora (de a uno, o si se siente experto, de a varios) los distintos parametros cosmologicos y condiciones iniciales que faltan, como por ejemplo, perturbaciones de isocurvatura o adiabaticas; presencia de modos tensoriales cuyo indice espectral esta (o no) relacionado con el indice espectral de los modos escalares, como sugiere el programa; universos de alta densidad (cerrados) y de baja densidad (no los llamamos "abiertos" ya que pueden existir modelos hiperbolicos de baja densidad con secciones espaciales cerradas - recuerde la 1ra guia de ejercicios y las referencias que alli mencionamos...); mayor o menos numero de neutrinos estandar; la existencia de una o mas familias de neutrinos masivos; valores de Y que violen -levemente- los resultados de la nucleosintesis primordial; un universo compuesto *solo* por ingredientes "no-exoticos" [Ud sabra lo que eso significa - y si no, preguntele a algun astronomo de una cierta edad y experiencia (sobre todo, experiencia de haber tratado con los cosmologos!)]

NB: no deje de asistir a los seminarios especiales de sus compañeros. Quizas algunas respuestas a estas preguntas esten alli.

FITs) Ahora, un poco mas de contacto con la realidad.
Baje el archivo de datos "combo_power.dat" de la pagina web de la materia (o equivalentemente, de la pagina web de Tegmark). Ud cuenta alli con una compilacion de datos de varias experiencias que detectaron anisotropias en la temperatura efectiva de la radiacion de fondo. Estos datos estan distribuidos en bandas y se detallan los valores de los multipolos correspondiente (y la cobertura de cada banda), y los datos de la amplitud del espectro con sus infaltables barras de error.
Estos datos le indican a Ud los limites que las observaciones actuales imponen sobre los modelos teoricos. Ud ahora cuenta con una potente herramienta para el calculo de modelos teoricos (cmbfast) y no tiene mas que correr el codigo y hallar aquel modelo que hoy mejor ajusta los datos observacionales. Note que no le estamos pidiendo ningun analisis estadistico serio de minimizacion de errores. Solo le pedimos que genere las curvas (varios intentos seran necesarios) y señale aquella que, a su juicio, mejor "fitea" los datos (lo que en la jerga comunmente se denomina "chi-squared by eye").
NB: no se deje estar con este problema. Los datos cambian (se mejoran) cada vez con mayor frecuencia. Ademas, hoy solo le pedimos que haga este trabajo con los datos de las anisotropias en T. Pero recuerde que se acaba de detectar un pequeño nivel de polarizacion; en cuanto salgan los datos correspondiente de la polarizacion, podriamos pedirle que repitiera este analisis tambien con ellos...!