CORRELAZIONE TEMPORALE TEORICA DELLE STRUTTURE COSMOLOGICHE SU LARGA SCALA:

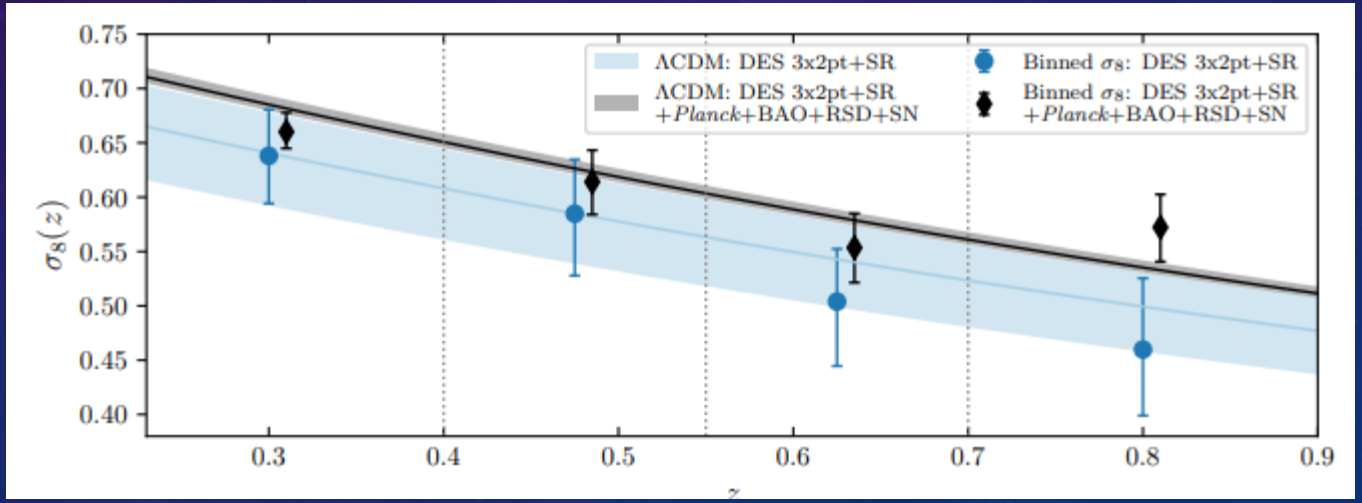
ERICA LONGO

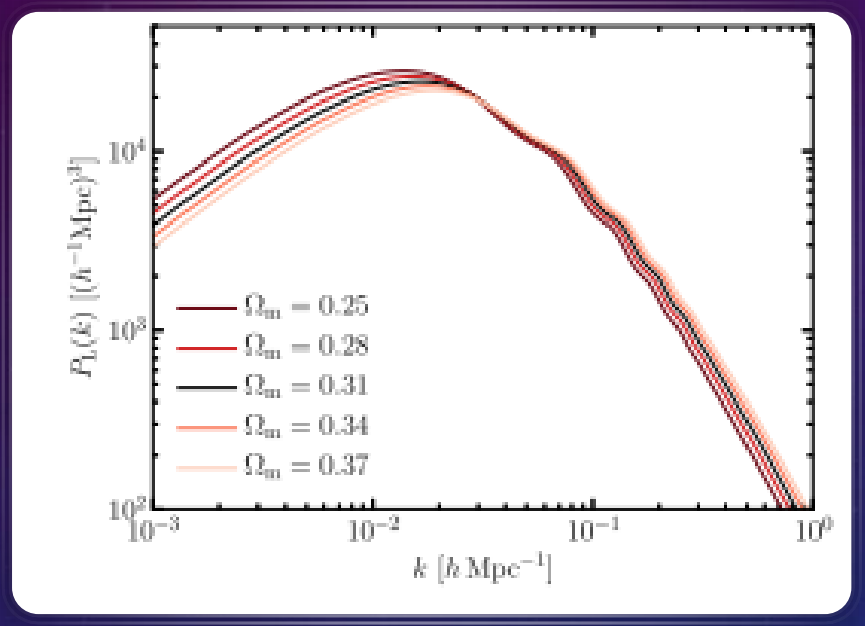
UN PROGETTO DI TESI PER L'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA, FACOLTÀ DI FISICA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

- Il mio progetto si svolge in ambito cosmologico e sulla ricerca di un modello che descriva al meglio l'evoluzione temporale di $\sigma_8(z)$ in funzione dei diversi parametri cosmologici d'interesse.
- Nella figura sottostante è possibile osservare una ricostruzione di tale parametro al variare del redshift.
- Link referenza: https: //arxiv.org/pdf/2207.05766.pdf
- Il mio obiettivo è quello di ricavarne una correlazione temporale per il modello ΛCDM e successivamente per varianti dello stesso, il cui utilizzo potrebbe essere implementato per la ricostruzione a partire dai dati di survey di materia oscura e spiegare la conformazione dell'universo attuale.





$\sigma_8(z)$ è di cruciale importanza nella cosmologia attuale e fornisce una stima di come la materia nell'universo è distribuita in termini di omogeneità.

Più nel dettaglio,$\sigma_8(z)$ è definita come l'ampiezza del power spectrum della materia valutato in un raggio di 8Mpc, secondo la formula:

$$\sigma_8^2 = \frac{1}{2\pi^2}\int W_s^2\, k^2 P(k) dk$$

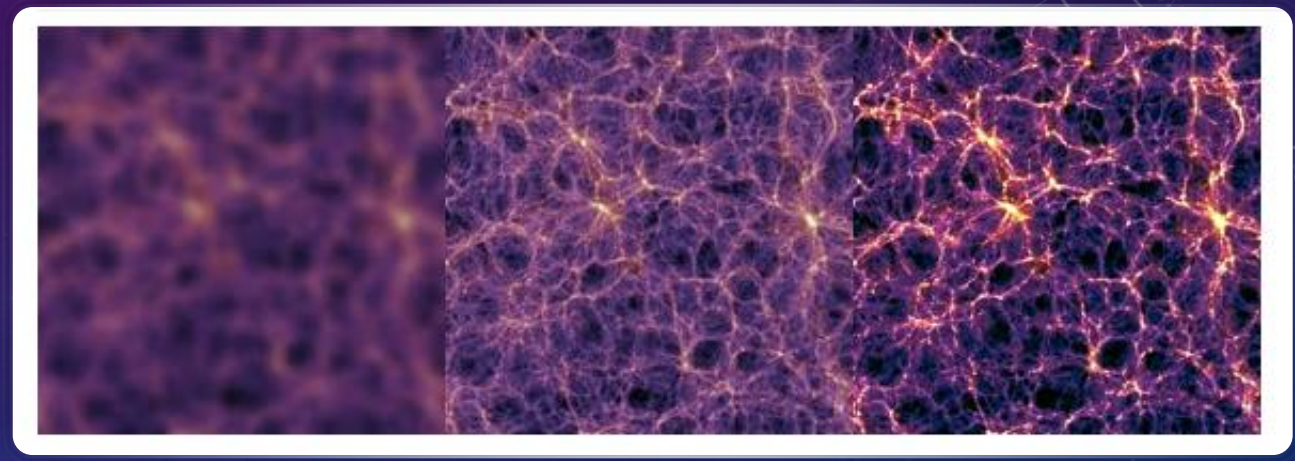
•

$$W_s = \frac{3j_1(kR_s)}{kR_s}$$

La figura a lato mostra l'evoluzione del Power spectrum al variare del parametro densità di materia nel modello ΛCDM. Tale parametro tra quelli cosmologici è quello che più influenza l'andamento di $\sigma_8(z)$.

Grafico preso da Scott Dodelson, Fabian Schmidt 'Modern cosmology' 2021

- Illustrato in figura, l'andamento del power spectrum a diversi $\sigma_8(z)$.
- Da notare come tale parametro vada ad aumentare progressivamente come ci aspetteremmo in seguito alla crescita lineare delle strutture.



Al momento ho testato il modello LCDM avvalendomi del software Camb, molto usato in ambito cosmologico la cui implementazione consente:

In primis di risolvere numericamente le equazioni della prior teorica e fornire predizioni dell'osservabile d'interesse .

In secondo luogo di confrontare tali predizioni per vari punti nello spazio dei parametri ai dati sperimentali al fine di ricavare i parametri che garantiscano il miglior fit possibile.

Link: https://camb.readthedocs.io/en/latest/

Use of the python wrapper

In [1]:
```
%matplotlib inline
import sys, platform, os
from matplotlib import pyplot as plt
import numpy as np
print('Using CAMB installed at %s'%os.path.realpath(os.path.join(os.getcwd(),'..')))
#uncomment this if you are running remotely and want to keep in synch with repo changes
#if platform.system()!='Windows':
#    !cd $HOME/git/camb; git pull github master; git log -1
sys.path.insert(0,os.path.realpath(os.path.join(os.getcwd(),'..')))
import camb
from camb import model, initialpower
print('CAMB version: %s '%camb.__version__)
```

Import camb functions

```
Using CAMB installed at c:\work\dist\git\camb\pycamb
CAMB version: 0.1.6.1
```

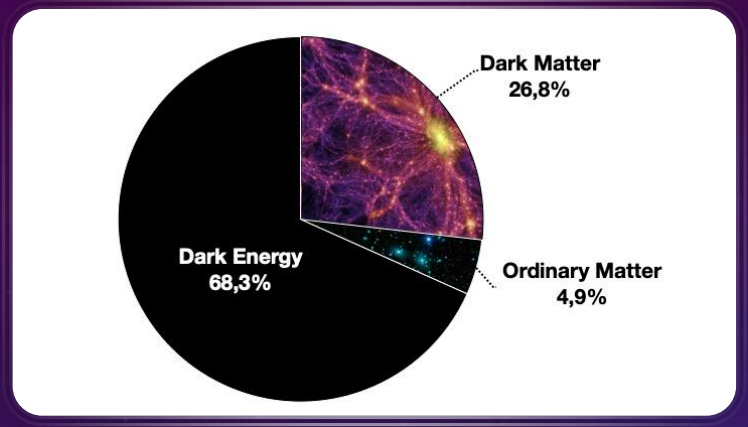
In [2]:
```
#Set up a new set of parameters for CAMB
pars = camb.CAMBparams()
#This function sets up CosmoMC-like settings, with one massive neutrino and helium set using BBN consistency
pars.set_cosmology(H0=67.5, ombh2=0.022, omch2=0.122, mnu=0.06, omk=0, tau=0.06)
pars.InitPower.set_params(ns=0.965, r=0)
pars.set_for_lmax(2500, lens_potential_accuracy=0);
```

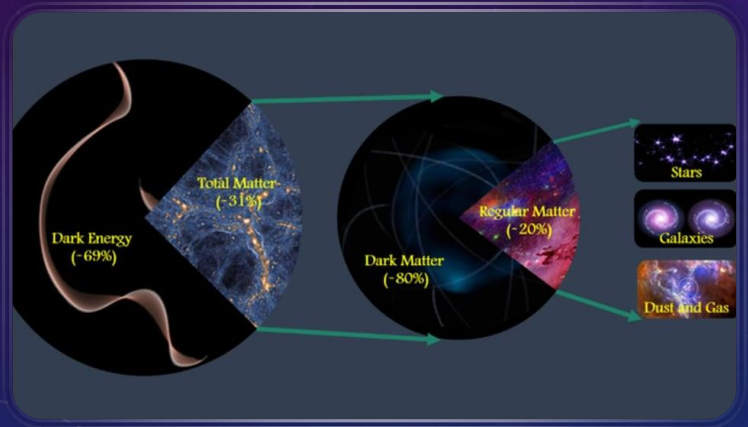
Set cosmology and options

In [3]:
```
#calculate results for these parameters
results = camb.get_results(pars)
```

In [4]:
```
#get dictionary of CAMB power spectra
powers =results.get_cmb_power_spectra(pars, CMB_unit='muK')
for name in powers: print(name)
```

Get your results





CENNI AL MODELLO ΛCDM:

Si tratta del modello più semplice in accordo con le osservazioni viene indicato come l'attuale modello standard della cosmologia.

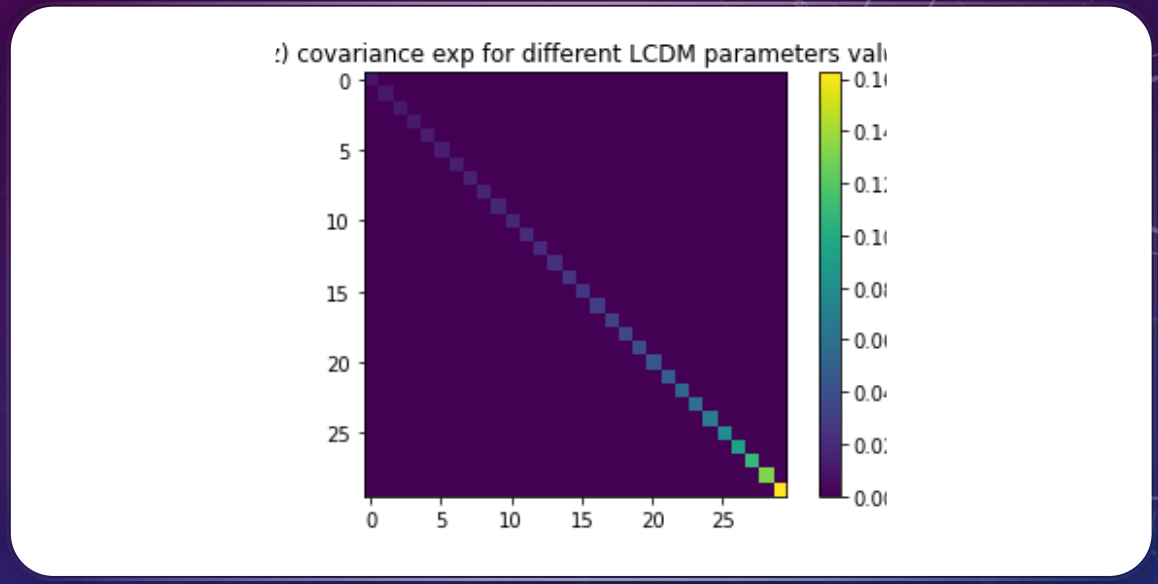
Il nome deriva dai maggiori elementi costituenti l'universo:

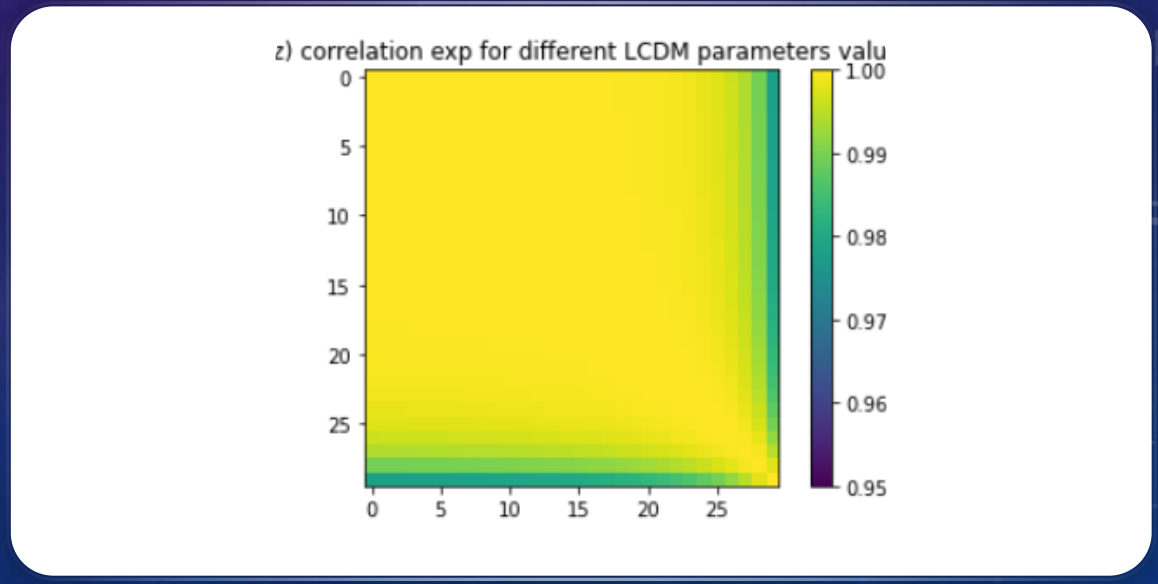
- La costante cosmologica Λ che è una forma di energia oscura, in quanto non osservabile, che spiegherebbe l'espansione accelerata dell'universo e costituirebbe circa il 68% della densità d'energia in esso contenuta.
- La materia oscura fredda, che è il concetto di materia oscura non termalizzata, non barionica e non collisionale. Questa componente rappresenterebbe il 27% circa della densità d'energia dell'universo.

La materia barionica, tra cui gli atomi (costituenti i pianeti, le stelle e le nubi di gas) rappresenterebbero solo il rimanente 5% circa di tutta la massa-energia esistente.

Per quanto riguarda la radiazione(fotoni e materia relativistica quale i neutrini), il suo contributo alla densità attuale di energia/materia è trascurabile.

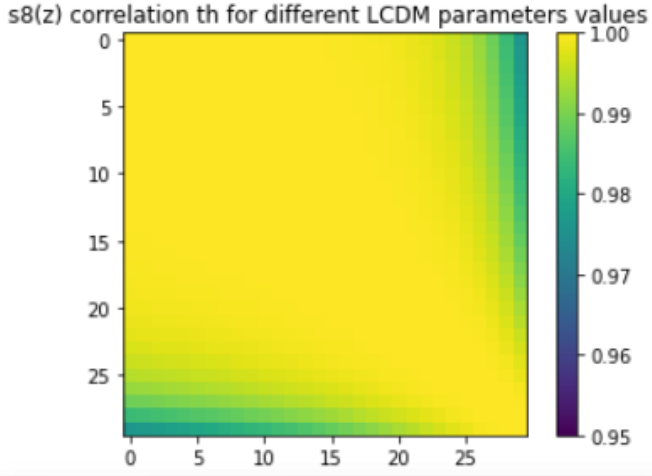
- A tal proposito, i risultati ottenuti da una simulazione su 10000 cicli di $\sigma_8(z)$ per quanto concerne correlazione e covarianza sono i illustrati a destra.
- I seguenti grafici sono stati realizzati considerando $\sigma_8(z)$ al variare del redshift e di diversi parametri cosmologici quali H0 e la densità di materia barionica e non.



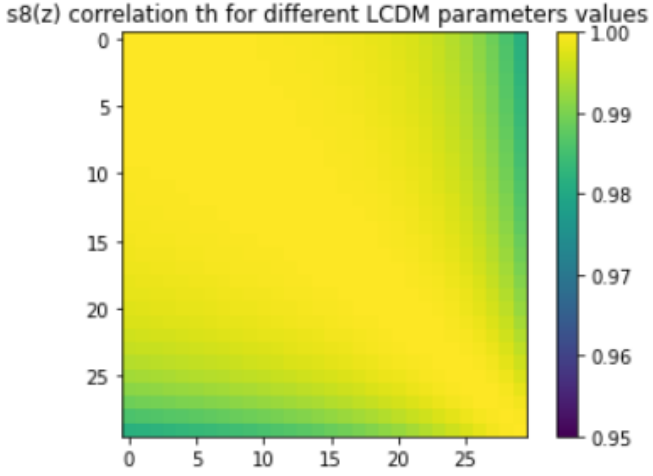


PRELIMINARY

```
Minimo :
 csi: 2.5878066658973724, n=3, time=a, fit:1/[1+[|a[i]-a[j]|/csi]^n]
Loss function:
0.0037779010290730853
```



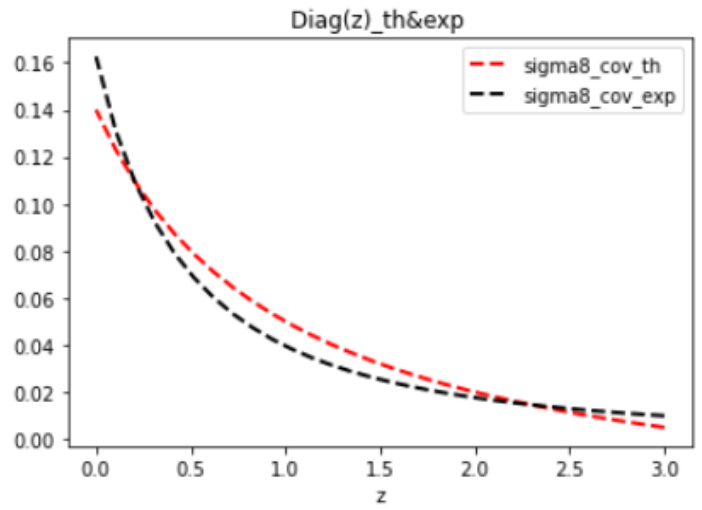

```
Minimo :
 csi: 5.486481475830087, n=2, time=a, fit:1/[1+[|a[i]-a[j]|/csi]^n]
Loss function:
0.004676770734674308
```



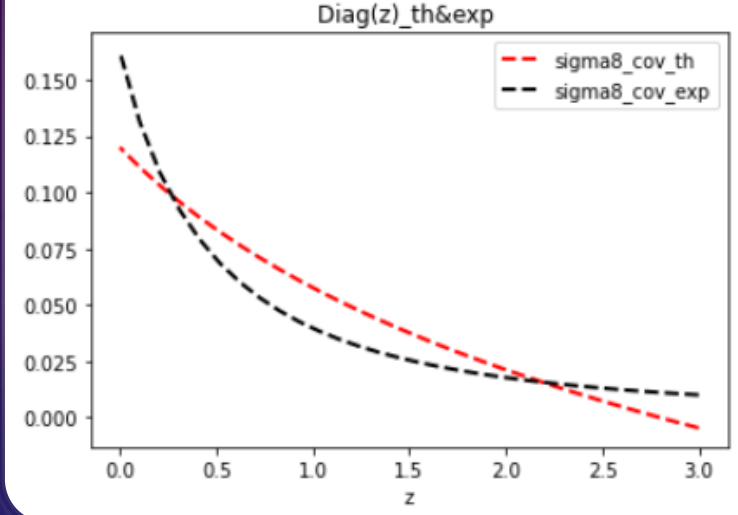
- Nella seconda fase del mio progetto si sono testati diversi fit che potessero al meglio rappresentare la correlazione e la covarianza con una formula teorica.
- L'utilità data da questo tipo di lavoro sta nel fatto che una volta ricavata, questa possa essere usata come prior per osservazioni sperimentali. .
- A lato sono rappresentati alcuni esempi per quanto riguarda la correlazione ottenuta da fit diversi.
-
- In didascalia è possibile leggere il tipo di fit usato, il valore dello scarto quadratico medio, e i valori dei parametri implicati nei fit che lo minimizzano.
- I fit usati sono rispettivamente:
- $e^{\left(\frac{[a(i)-a(j)]}{\xi}\right)^n}$, $\frac{1}{(1+[|a(i)-a(j)|/\xi])^n}$

PRELIMINARY

```
Valori minimizzati:
 alpha:0.14,  beta:0.18 , temp:a, fit:alpha+beta*[a-1]
Loss function:
0.0018233571784289867
```




```
Valori minimizzati:
 alpha:0.21,  beta:0.09 , temp:log[a], fit:alpha+beta*[log[a]-1]
Loss function:
0.006069391991879389
```



- In alto sono presenti alcuni esempi per quanto riguarda la diagonale della covarianza (più utile della covarianza per individuare a occhio lo scarto quadratico medio tra fit e risultati della presa dati).
- I fit usati sono rispettivamente :
- $\alpha + \beta(a-1), \alpha + \beta(\log(a)-1)$
- **Nota:** I grafici inerenti a questa fase sono effettuati in via preliminare e dovranno essere soggetti ad ulteriori accertamenti e perfezionamenti. In didascalia è possibile leggere il tipo di fit usato, il valore dello scarto quadratico medio, e i valori dei parametri implicati nei fit che lo minimizzano.



- L'obiettivo finale del mio progetto è quello di mettere a confronto i risultati ottenuti per il modello ΛCDM con risultati ancora da ricavare in modo analogo per un modello che preveda la variazione di numero e massa dei neutrini e di uno che vari i parametri inerenti all'energia oscura.
- Il prossimo passo è quello di fare anche un confronto qualitativo tra questi diversi modelli.







PER EVENTUALI DOMANDE CONTATTATEMI PURE AL SEGUENTE INDIRIZZO: ERICA95.LONGO@GMAIL.COM

GRAZIE DELL'ATTENZIONE E BUON PROSEGUIMENTO