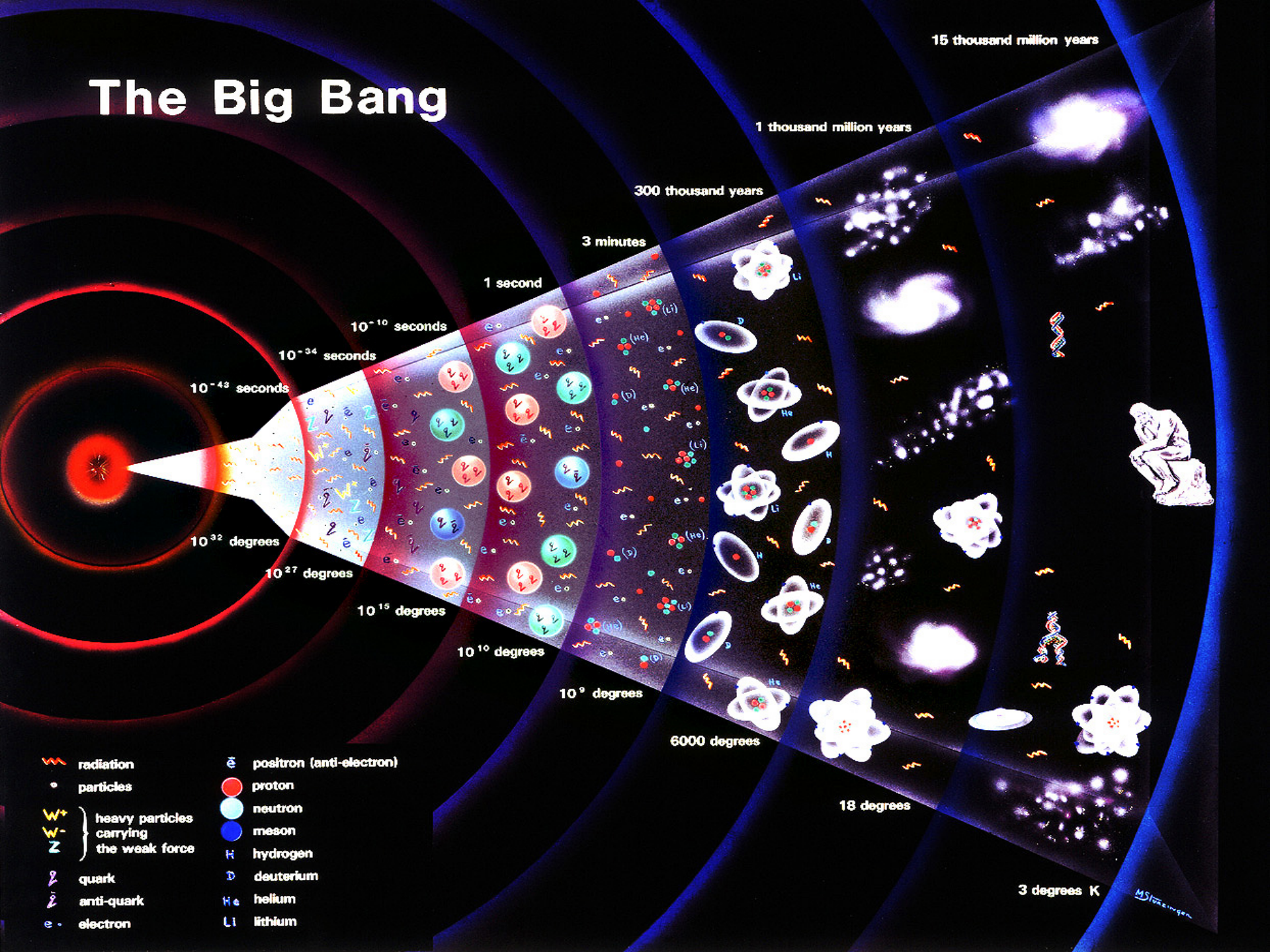


# KTA 1

Folien zur Vorlesung vom 8.1.2014

# The Big Bang



15 thousand million years

1 thousand million years

300 thousand years

3 minutes

1 second

$10^{-10}$  seconds

$10^{-34}$  seconds

$10^{-43}$  seconds

$10^{32}$  degrees

$10^{27}$  degrees

$10^{15}$  degrees

$10^{10}$  degrees

$10^9$  degrees

6000 degrees

18 degrees

3 degrees K

radiation

particles

heavy particles carrying the weak force

quark

anti-quark

electron

positron (anti-electron)

proton

neutron

meson

hydrogen

deuterium

helium

lithium

M. S. ...

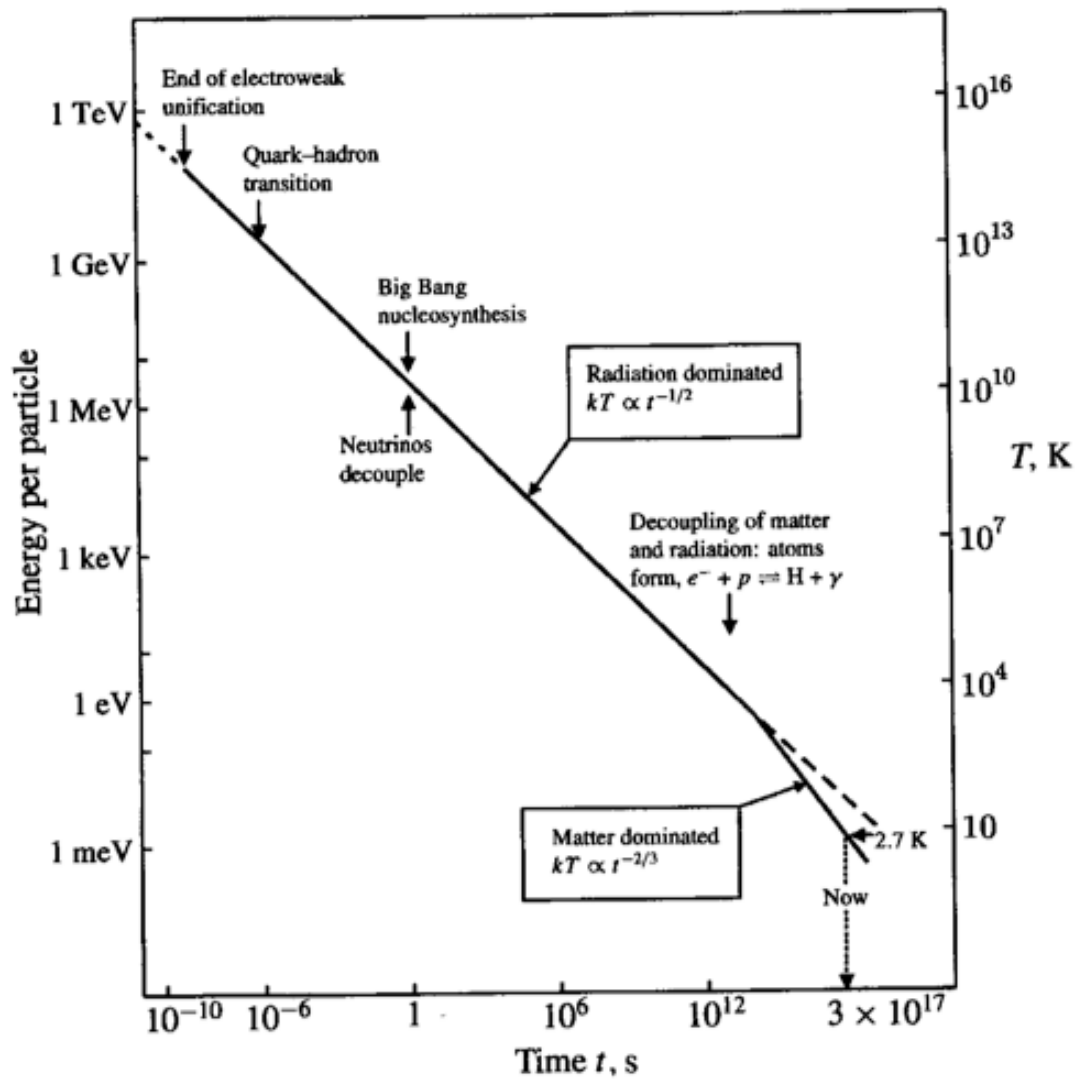
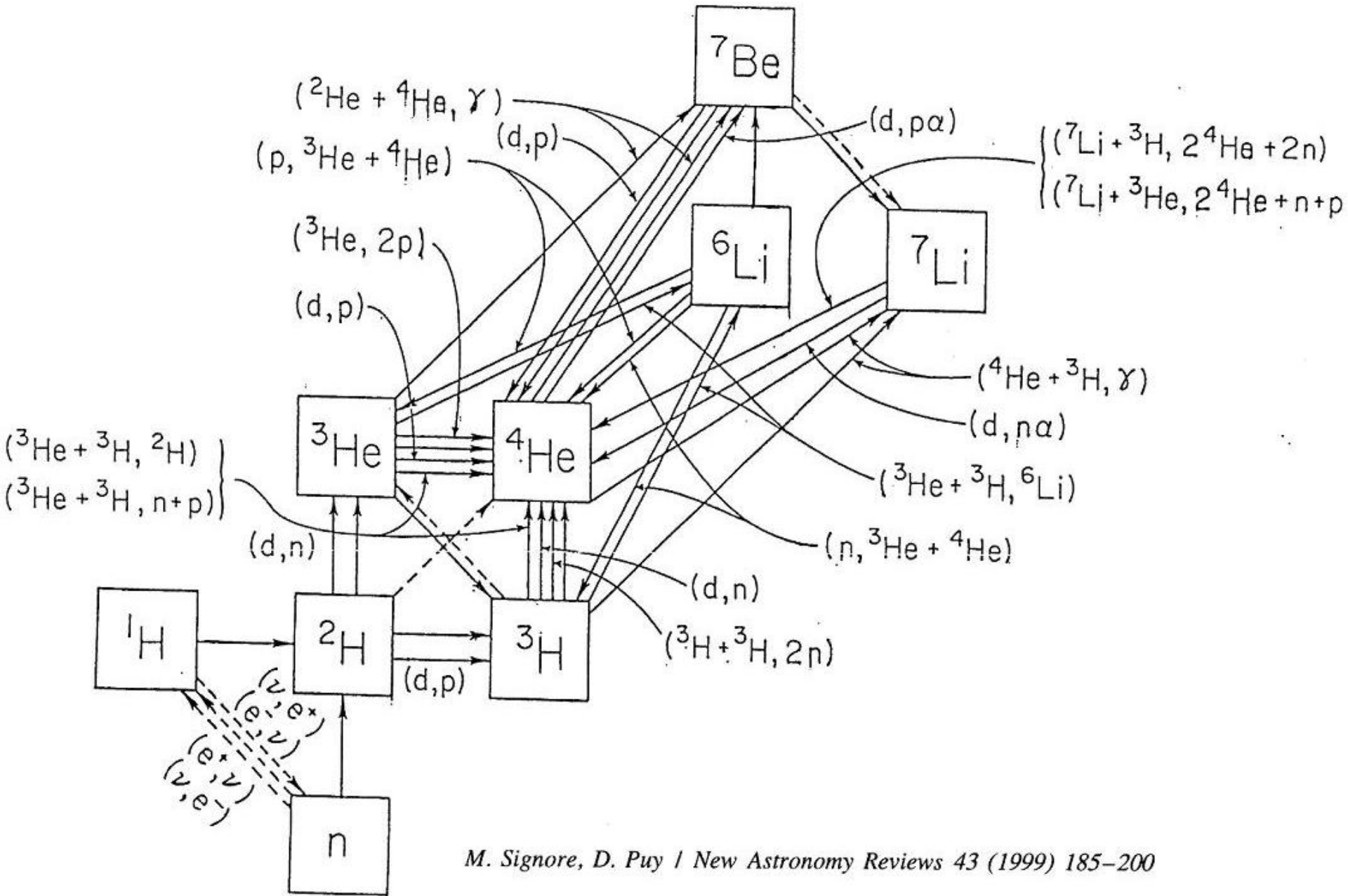
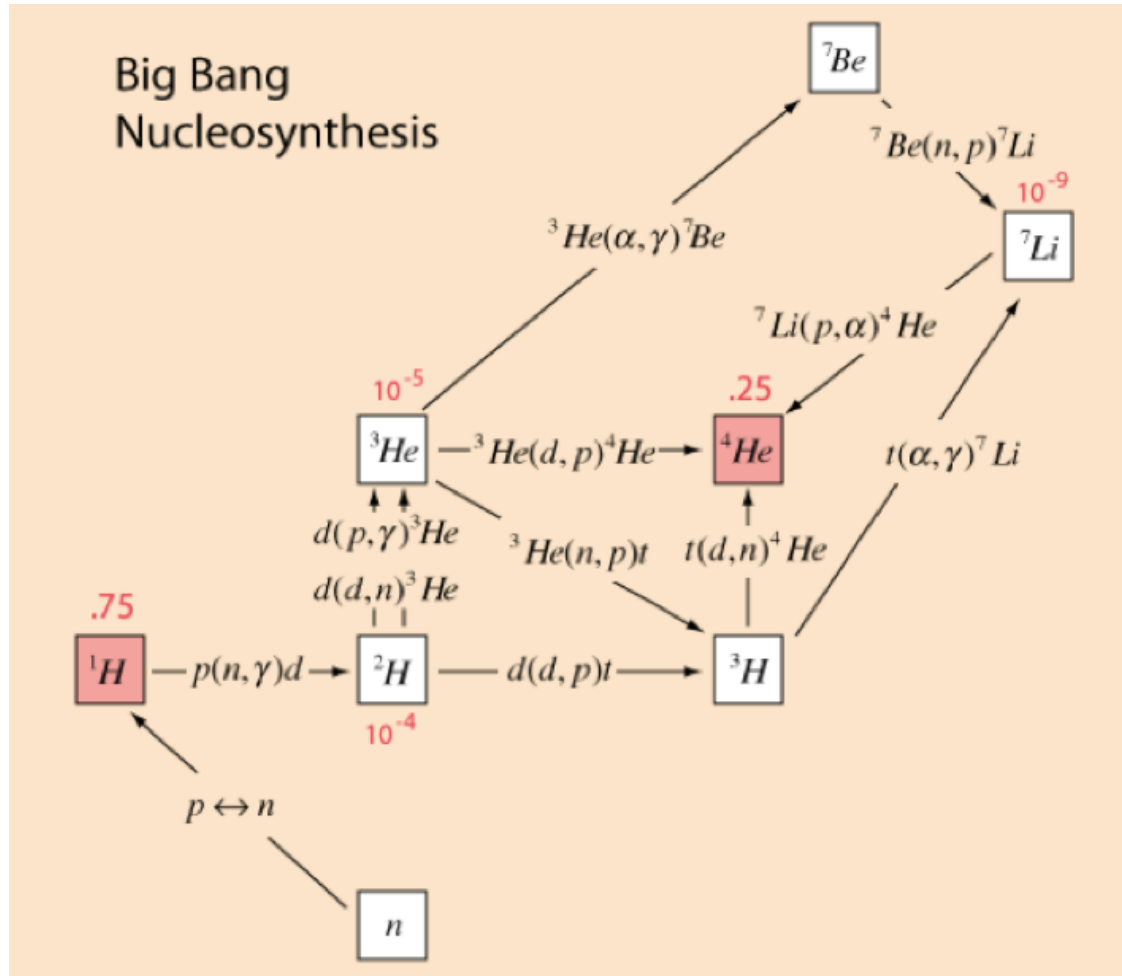


Fig. 10.3. Evolution of the temperature of the universe with time in the Big Bang model, with the various eras indicated.

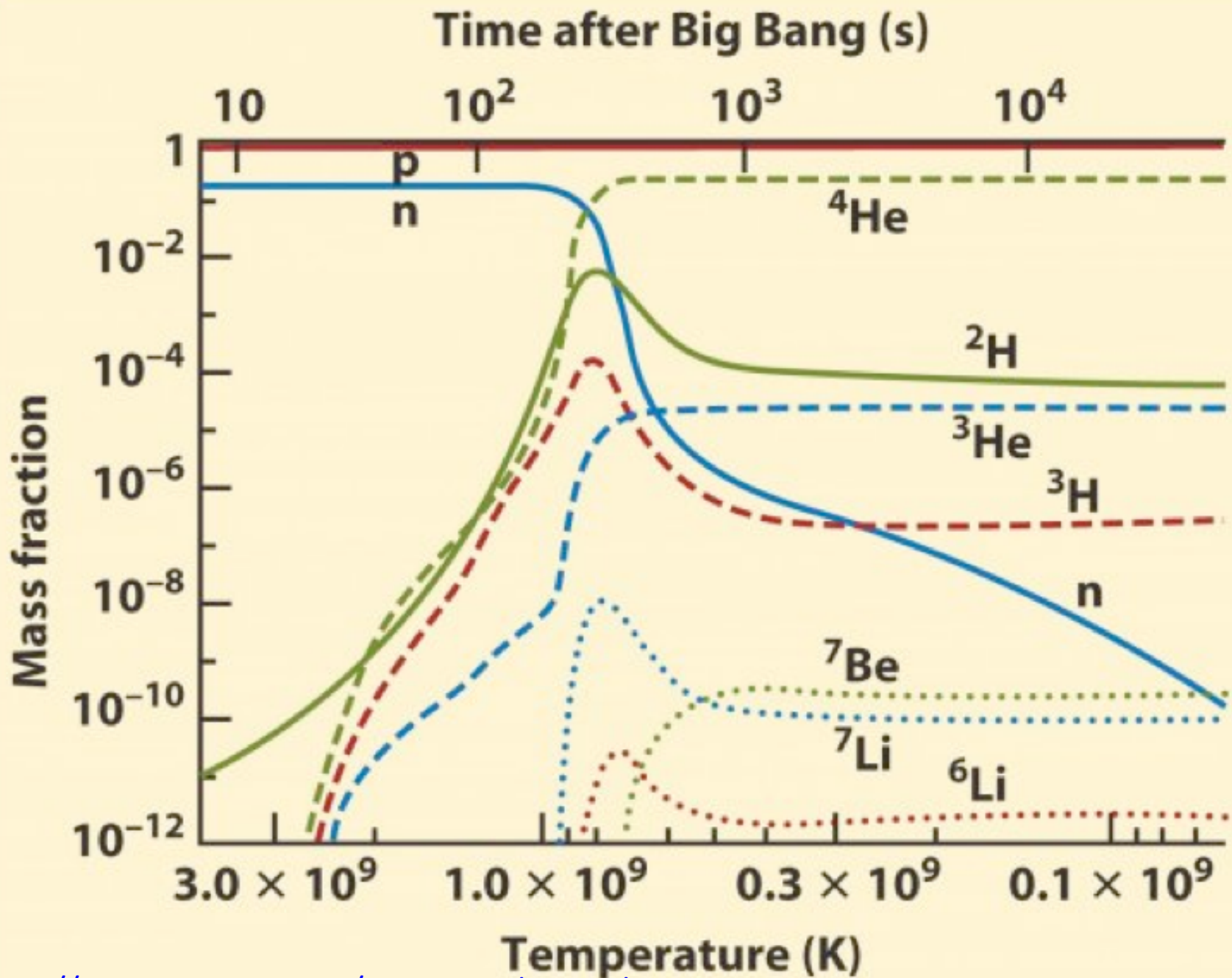
# Reaktionsnetzwerk der Nukleosynthese im frühen Universum

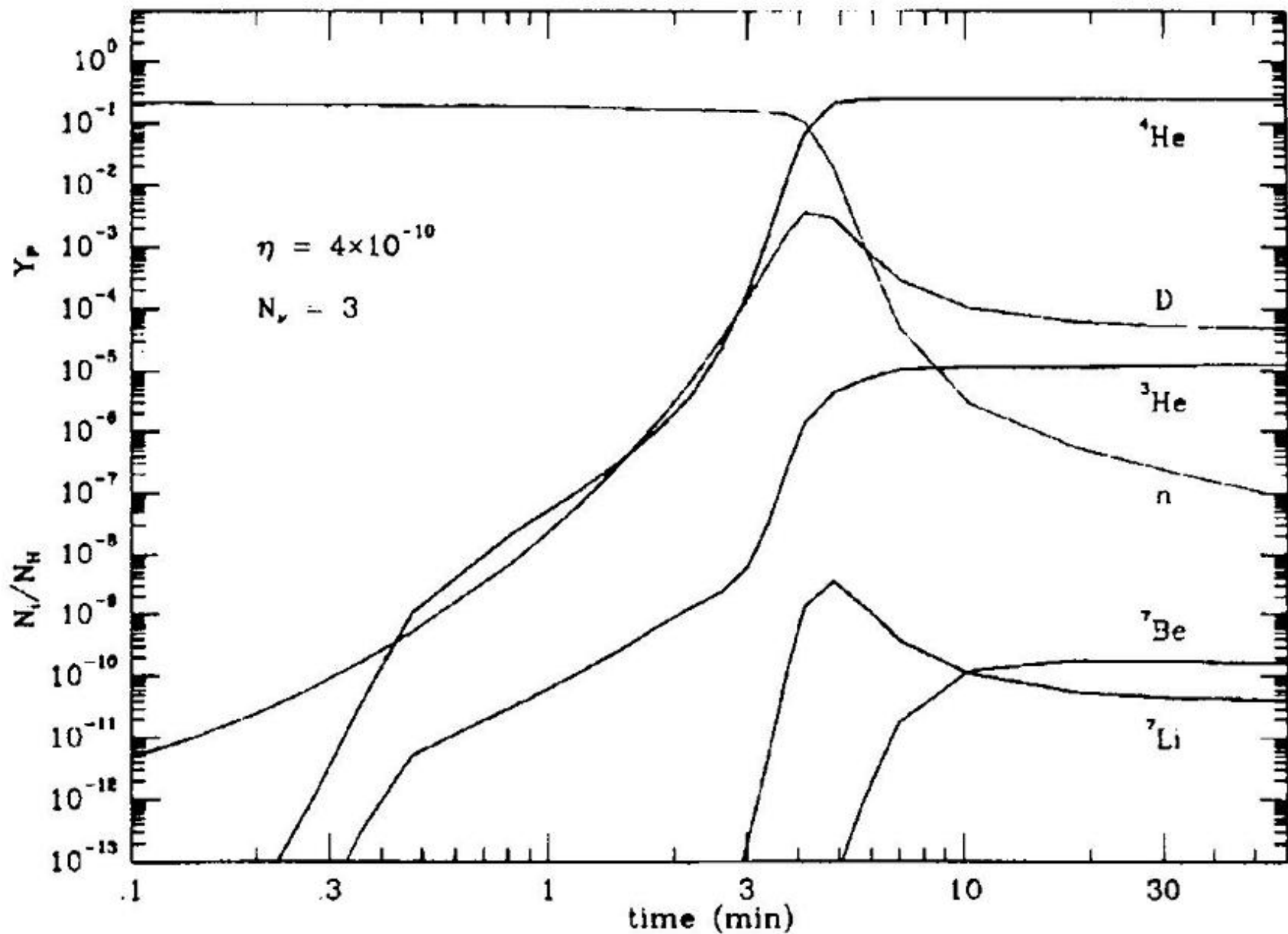


# Reaktionsnetzwerk der Nukleosynthese im frühen Universum (dominante Reaktionsmechanismen)









D. N. Schramm and M. S. Turner: Big-bang nucleosynthesis



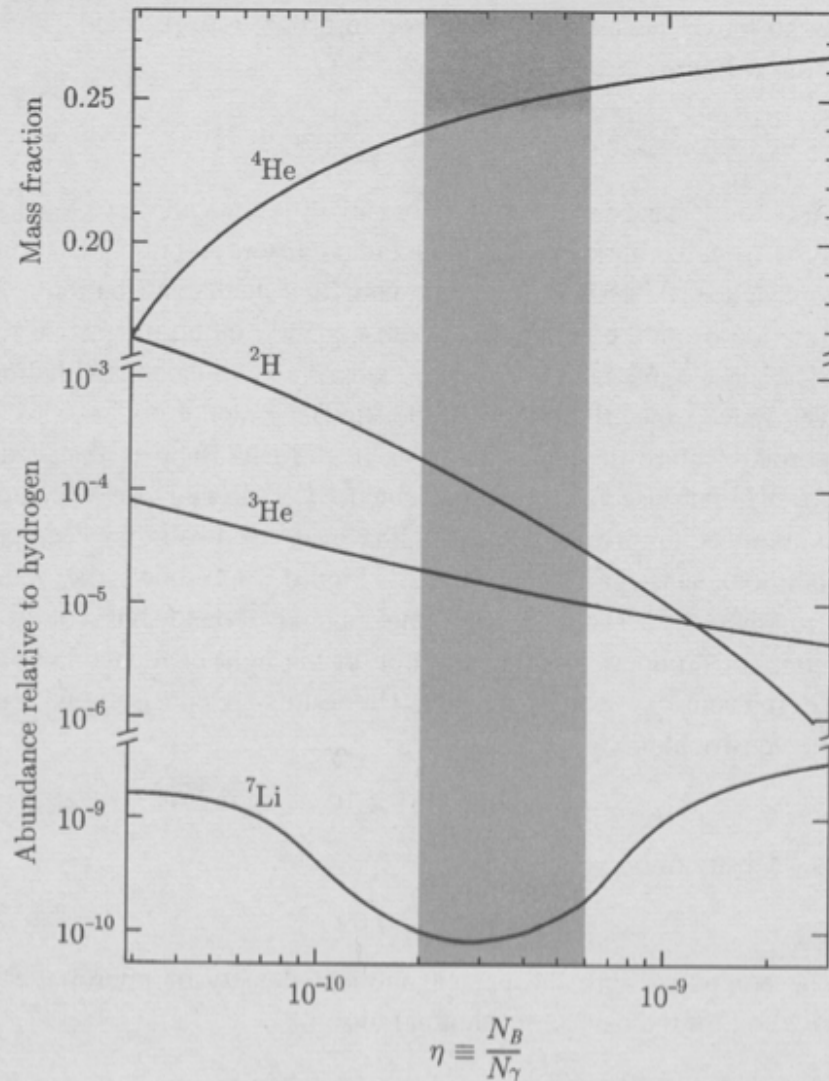


Fig. 10.4. The primordial abundances expected in Big Bang nucleosynthesis of the light elements  ${}^2\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$  and  ${}^7\text{Li}$ , and the mass abundance of  ${}^4\text{He}$ , in all cases relative to hydrogen, plotted as a function of the baryon density. The observed values of the number abundances are:  ${}^2\text{H}/\text{H} \simeq 3 \times 10^{-5}$ ;  ${}^3\text{He}/\text{H} \simeq 2 \times 10^{-5}$ ;  ${}^7\text{Li}/\text{H} \simeq 10^{-10}$ . The weight abundance of  ${}^4\text{He} = 0.24 \pm 0.01$ . All point to a unique value of the baryon density as given in (10.33) and (10.34) (after Turner 1996).

Aus Perkins,  
introduction to high-  
energy physics

# Materie-Antimaterie Asymmetrie:

- Dirac: jedes Teilchen besitzt ein Anti-Teilchen
- Frühes Universum: thermische Produktion von Teilchen und Anti-Teilchen, e.g. :  $\gamma + \gamma \leftrightarrow p + \bar{p}$   
gesamt Baryonzahl  $B=0$
- Wenn Teilchen und Anti-Teilchen identische Eigenschaften haben (Masse, Lebensdauer, Zerfallskanäle, ....)...
- ...dann sollte Universum auch noch heute zu gleichen Teilen aus Materie und Anti-Materie bestehen!!
- Beobachtung (kosmische Strahlung):  $\frac{N_{\bar{B}}}{N_B} < 10^{-4}$

# Sacharov Kriterien (1966)

Unter Annahme, dass anfänglich  $B=0$  ist, kann sich Baryon-Asymmetrie entwickeln, falls

1. Baryonzahl verletzende WW
2. Nicht-Gleichgewichtssituation für Teilchen, die Baryonzahl verletzende Reaktionen durchlaufen (Zeit zwischen zwei Kollisionen  $>$  Alter des Universums  $\Rightarrow$  Reduktion der Rate von Teilchen-Antiteilchen Annihilation)
3. CP und C Verletzung

State-of-the-Art:

1. bisher nicht beobachtet!
2. ok
3. Im Quark-Sektor beobachtet (CPV allerdings nicht gross genug); erste Hinweise im Lepton-Sektor, Experimente in Vorbereitung



Andrei Sakharov

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Born</b>           | Andrei Dmitrievich Sakharov<br>May 21, 1921<br><a href="#">Moscow, Russian SFSR</a>   |
| <b>Died</b>           | December 14, 1989 (aged 68)<br><a href="#">Moscow, Union of Soviet Socialist Republics</a>  |
| <b>Residence</b>      | <a href="#">Moscow, Soviet Union</a>  |
| <b>Citizenship</b>    | <a href="#">Soviet Union</a>  |
| <b>Fields</b>         | <a href="#">Nuclear physics</a>   |
| <b>Alma mater</b>     | <a href="#">Moscow State University</a><br><a href="#">FIAN</a>   |
| <b>Known for</b>      | <a href="#">Third Idea</a><br><a href="#">Soviet nuclear program</a><br><a href="#">Dissidence</a><br><a href="#">Human rights activism</a>   |
| <b>Notable awards</b> | <a href="#">Hero of Socialist Labor</a> (1953 1955 1962)<br><a href="#">Stalin Prize</a> (1953)<br><a href="#">Lenin Prize</a> (1956)<br><a href="#">Nobel Peace Prize</a> (1975)<br><a href="#">Elliott Cresson Medal</a> (1985) |