

تحليل بیشتر بر روی مشاهدات اخير آشکار ساز
Adv.Ligo برای جفت سیاه چاله
GW150914

باسم غيور

دانشگاه حيدرآباد هندوستان

BASEM GHAYOUR

UNIVERSITY OF HYDERABAD

INDIA

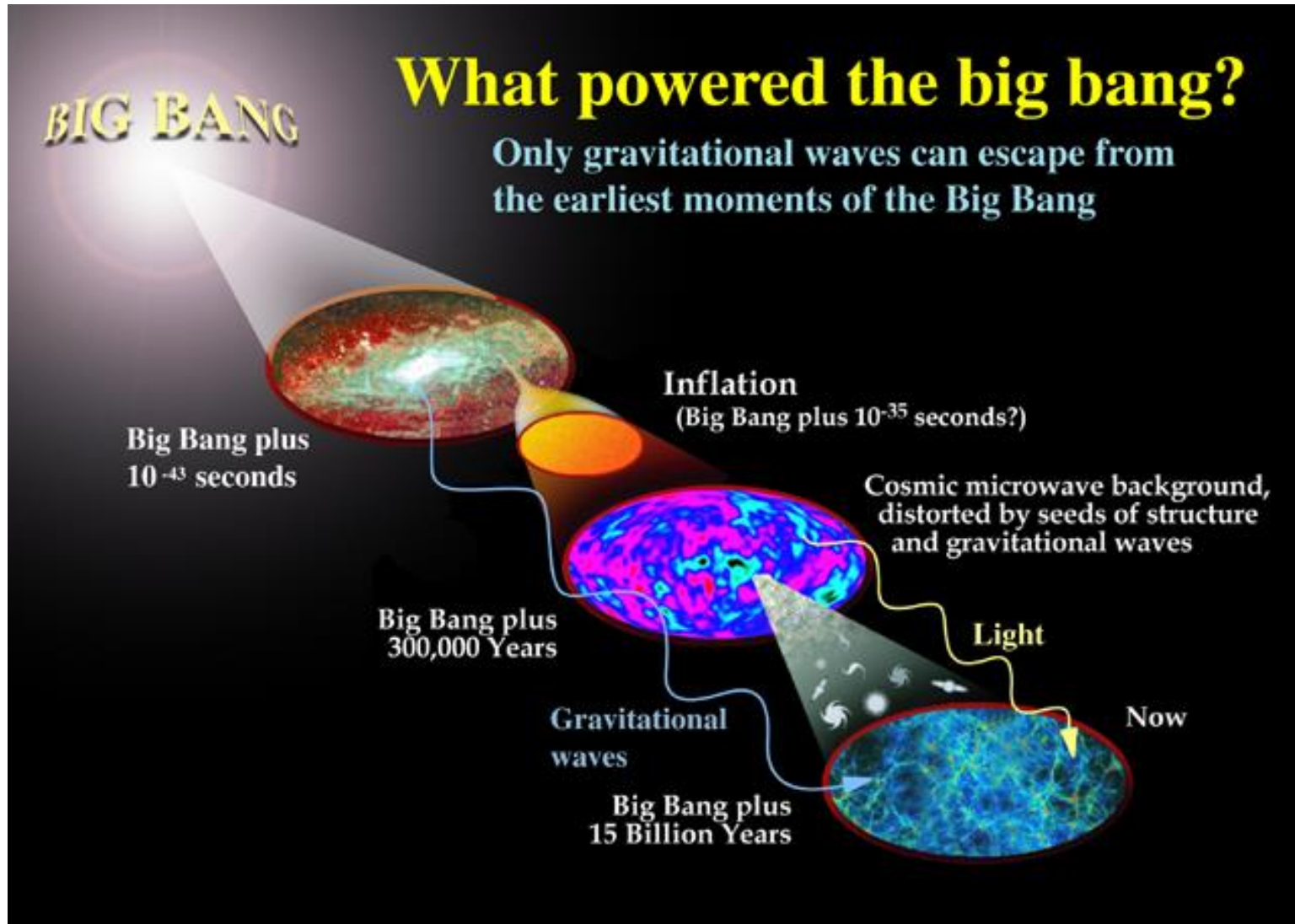
BA.GHAYOUR@GMAIL.COM

امواج گرانشی

نمای کلی :

- * به دنبال چه چیزی هستیم؟
- * انواع امواج گرانشی
- * اهمیت و ویژگی امواج
- * مراحل تکوین امواج
- * طیف توان و حل معادله
- * کشف امواج گرانشی
- * نتایج

به دنبال چه چیزی هستیم؟



امواج گرانشی

انواع امواج گرانشی:

۱- امواج گرانشی اولیه

زمان ایجاد: قبل و در هنگام تورم کیهان

عوامل ایجاد: اختلالات کوانتومی، تانسوری و تورم کیهان

۲- امواج گرانشی ثانویه

زمان ایجاد: پس از تورم و در حال حاضر

عوامل ایجاد: ستاره های دوتایی، نوترونی، کوتوله های سفید، سیاه

چاله ها و...

امواج گرانشی

اهمیت امواج گرانشی اولیه:

اطلاعات منحصر به فردی را درباره کیهان نخستین با خود حمل میکنند.

ویژگی امواج گرانشی اولیه:

- ۱- این امواج در همه جا و در همه زمان بر خلاف امواج گرانشی ثانویه یافت میشوند.
- ۲- دارای بازه فرکانسی پهنی بر خلاف امواج گرانشی ثانویه میباشند.

$$10^{-18} \text{ Hz} - 10^{10} \text{ Hz}$$

امواج گرانشی

مراحل تکوین کیهان:

$$1 + \beta < 0$$

$$a(\tau) = l_0 |\tau|^{1+\beta}, \quad -\infty < \tau \leq \tau_1$$

۱- تورم:

$$1 + \beta_s > 0$$

$$a(\tau) = a_s |\tau - \tau_p|^{1+\beta_s}, \quad \tau_1 \leq \tau \leq \tau_s$$

۲- بازگرمایش:

$$a(\tau) = a_e (\tau - \tau_e), \quad \tau_s \leq \tau \leq \tau_2$$

۳- تابش:

$$a(\tau) = a_m (\tau - \tau_m)^2, \quad \tau_2 \leq \tau \leq \tau_E$$

۴- ماده:

$$a(\tau) = l_H |\tau - \tau_a|^{-\gamma}, \quad \tau_E \leq \tau \leq \tau_0$$

۵- فاز شتابدار:

امواج گرانشی

معادله امواج گرانشی : $ds^2 = a^2(\tau)[-d\tau^2 + (\delta_{ij} + h_{ij})dx^i dx^j]$

$$h_{ij}(\tau, \mathbf{x}) = \sum_{\sigma=+, \times} \int \frac{d^3k}{(2\pi)^{3/2}} \epsilon_{ij}^{(\sigma)} h_k^{(\sigma)}(\tau) e^{ik \cdot \mathbf{x}}$$

$$\epsilon_{ij}^{(\sigma)} \epsilon^{(\sigma')ij} = 2\delta_{\sigma\sigma'}, \quad \epsilon_{ij}^{(\sigma)} \delta^{ij} = 0, \quad \epsilon_{ij}^{(\sigma)} n^j = 0, \quad \epsilon_{ij}^{(\sigma)}(-\mathbf{k}) = \epsilon_{ij}^{(\sigma)}(\mathbf{k}).$$

$$\left. \begin{aligned} h_k^{(\sigma)''}(\tau) + 2\frac{a'(\tau)}{a(\tau)} h_k^{(\sigma)' }(\tau) + k^2 h_k^{(\sigma)}(\tau) &= 0 \\ \mu_k(\tau) \equiv a(\tau) h_k(\tau) \end{aligned} \right\} \longrightarrow \mu_k'' + \left(k^2 - \frac{a''}{a} \right) \mu_k = 0$$

$$k^2 \gg a''/a \longrightarrow h_k \propto \frac{e^{\pm i k \tau}}{a(\tau)} \quad \text{داخل افق:}$$

$$k^2 \ll a''/a \longrightarrow h_k = \text{const} \quad \text{خارج افق:}$$

امواج گرانشی

$$\langle h^{ij}(\tau, \mathbf{x}) h_{ij}(\tau, \mathbf{x}) \rangle \equiv \int_0^\infty h^2(k, \tau) \frac{dk}{k}$$

طیف توان :

$$h(k, \tau) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} k^{3/2} |h_k(\tau)|$$

طیف اولیه در زمان عبور از افق با استفاده از شرایط اولیه در مرحله تورم کیهان بشکل :

$$h(k, \tau_i) = A \left(\frac{k}{k_H} \right)^{2+\beta}$$

میباشد که در آن ثابت A از محاسبات و مشاهدات بدست می آید.

امواج گرانشی

دامنه امواج گرانشی در حال حاضر:

$$h(k, \tau_0) = A \left(\frac{k}{k_H} \right)^{2+\beta}, \quad k \leq k_E;$$

$$h(k, \tau_0) = A \left(\frac{k}{k_H} \right)^{\beta-\gamma} (1+z_E)^{-\frac{2+\gamma}{\gamma}}, \quad k_E \leq k \leq k_H;$$

$$h(k, \tau_0) = A \left(\frac{k}{k_H} \right)^{\beta} (1+z_E)^{-\frac{2+\gamma}{\gamma}}, \quad k_H \leq k \leq k_2;$$

$$h(k, \tau_0) = A \left(\frac{k}{k_H} \right)^{1+\beta} \left(\frac{k_H}{k_2} \right) (1+z_E)^{-\frac{2+\gamma}{\gamma}}, \quad k_2 \leq k \leq k_s;$$

$$h(k, \tau_0) = A \left(\frac{k}{k_H} \right)^{1+\beta-\beta_s} \left(\frac{k_s}{k_H} \right)^{\beta_s} \left(\frac{k_H}{k_2} \right) (1+z_E)^{-\frac{2+\gamma}{\gamma}}, \quad k_s \leq k \leq k_1.$$

امواج گرانشی

$$h(k, \eta_0) \equiv \Delta_h(k) = \Delta_R(k_0) r^{1/2} \left(\frac{k}{k_0}\right)^{\frac{n_t}{2} + \frac{1}{4} \alpha_t \ln\left(\frac{k}{k_0}\right)}$$

$$r = \frac{\Delta_h^2(k_0)}{\Delta_R^2(k_0)}$$

مقادیر ثابت :

$$n_t = 2\beta + 4 \equiv \left. \frac{d \ln \Delta_h^2}{d \ln k} \right|_{k=k_0}$$

$$\alpha_t \equiv \left. \frac{d^2 \ln \Delta_h^2}{d \ln k^2} \right|_{k=k_0}$$

$$A = \frac{\Delta_R(k_0) r^{1/2} \left(\frac{k}{k_0}\right)^{\frac{n_t}{2} + \frac{1}{4} \alpha_t \ln\left(\frac{k}{k_0}\right)}}{(1 + z_E)^{\frac{-2-\gamma}{\gamma}}}$$

$r < 0.11$ without scalar running by Planck

$r < 0.26$ with scalar running by Planck

امواج گرانشی

کشف امواج گرانشی:

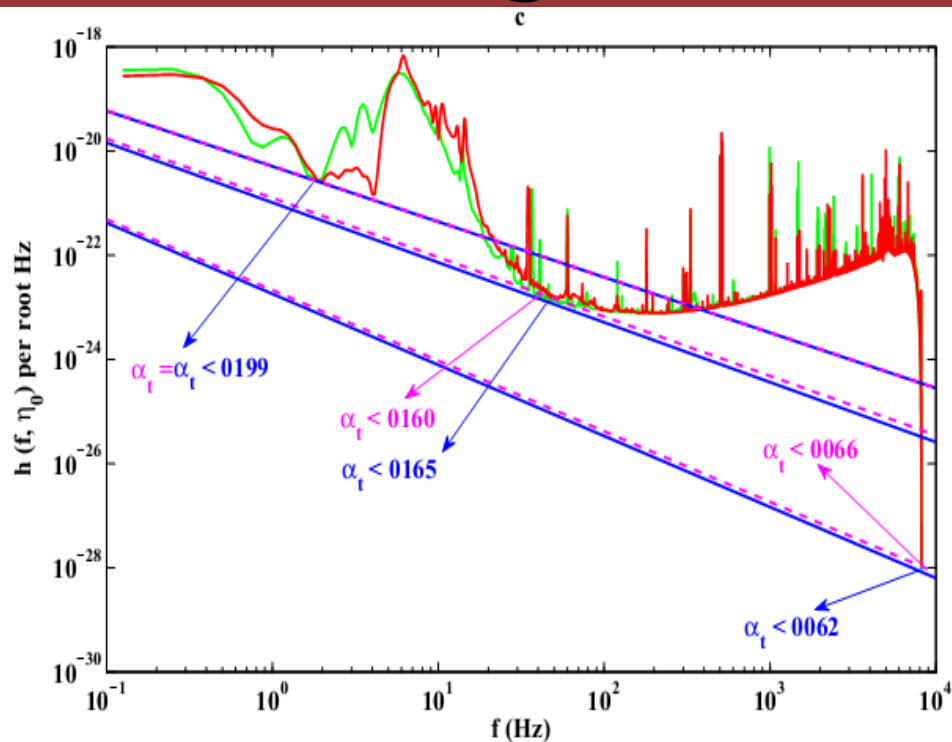
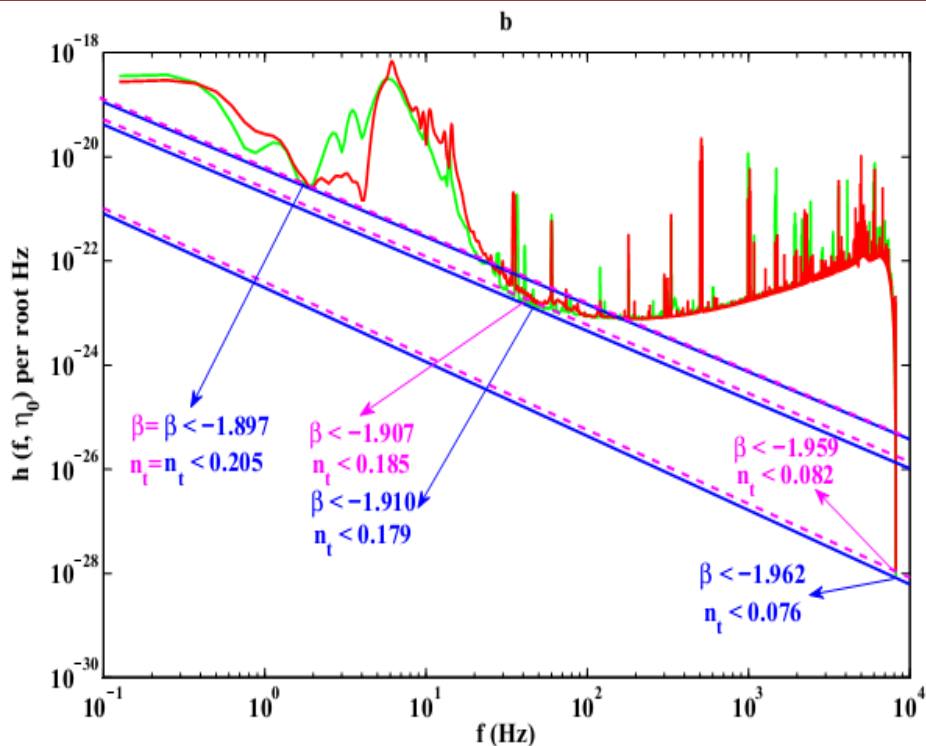
این امواج پس از صد سال در ۱۴ سپتامبر سال ۲۰۱۵ میلادی توسط آشکار سازهای

Adv. Ligo واقع در Livingstone و Hanford تحت نام GW150914 کشف شدند که حاصل از یک جفت سیاه چاله بود.

پس از آن منبعهای دیگر، GW170814, GW151226, GW170104, نیز کشف شدند.

امواج گرانشی

نمودار طیف امواج گرانشی :



رنگ سبز و قرمز به ترتیب برای آشکار سازهای واقع در Hanford و Livingston

برای GW150914

امواج گرانشی

نتایج :

بر اساس حدود بالایی پارامترهای نشان داده شده در شکل، ما از شانس بالایی برای آشکارسازی امواج گرانشی قائل هستیم.

باتشكر

BA.GHAYOUR@GMAIL.COM

BA.GHAYOUR@GMAIL.COM