

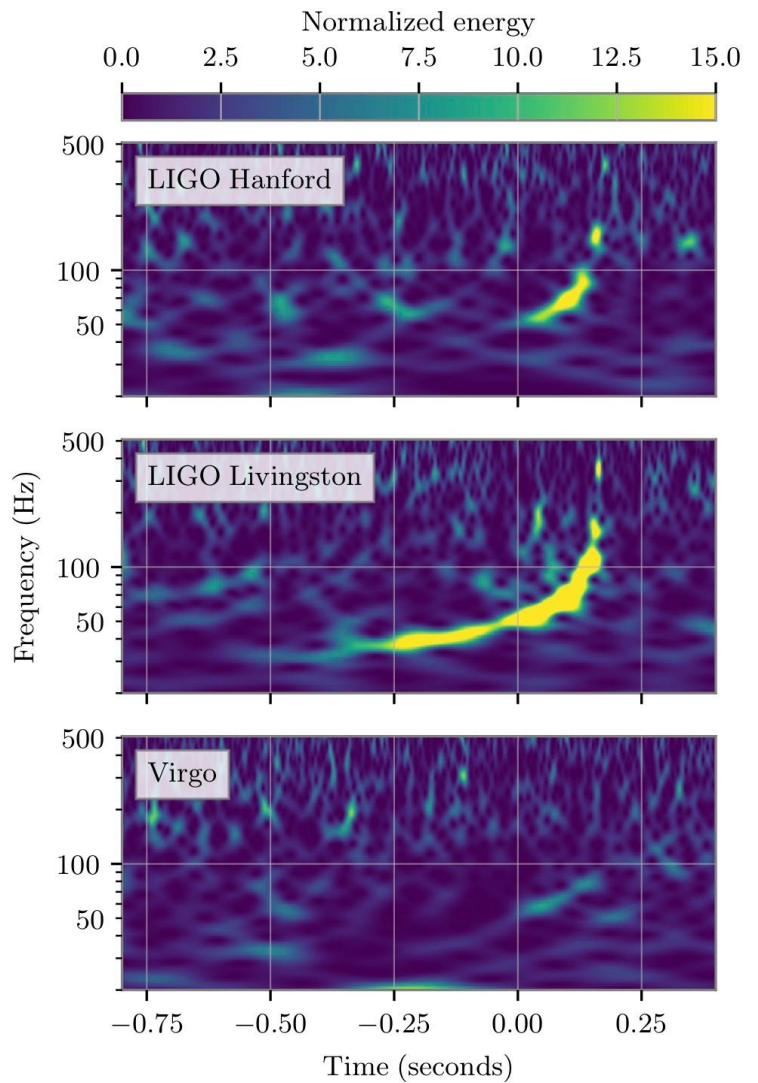
GW190412: असमान भार भएका बाइनरी ब्ल्याक होल प्रणालीको पहिलो अबलोकन

अप्रिल १२, २०१९ मा, LIGO र Virgo डिटेक्टरहरूले दुई ब्ल्याक होलको (Black hole) इन्स्पाइरल र मर्जरले उत्पादन गरेको गुरुत्वाकर्षण तरंगहरू अवलोकन गरे । यो GW190412 नामक तरंग, त्यसबखत संचालित तीनै डिटेक्टरहरूमा देखिएको थियो: दुई LIGO डिटेक्टरहरू (एक ह्यान्फोर्ड, वाशिंगटन र एक लिभिगस्टन, लुजीयाना) र अर्को Virgo डिटेक्टर (क्यासिन, इटाली)। GW190412 Advanced LIGO र Virgo को तेस्रो अबलोकन अबधि (O3), जुन अप्रिल १, २०१९ मा शुरू भयो र मार्च २, २०२० मा सकियो, को शुरुवात नजिकै पत्ता लागेको हो।

GW190412 नौलो छ किनकि यो पहिलो ब्ल्याक होल मर्जर हो जहाँ दुई ब्ल्याक होलहरूको भार निश्चित रूपमा असमान छ - यो प्रणालीमा एक ब्ल्याक होल अर्को भन्दा तीन गुणा भारी छ। यो असमानताले गुरुत्वाकर्षण-तरंगलाई यस्तो तरीकाले परिमार्जन गर्दछ कि हामीले यस्तो प्रणालीको दूरी, झुकाव, भारी ब्ल्याक होलको स्पिन, र प्रणालीको प्रिसेसन अझ राम्रोसंग मापन गर्न सक्छौं । थप रूपमा, GW190412 को असमान भारले हामीलाई अल्बर्ट आइन्स्टाइनको सामान्य सापेक्षताको पूर्वानुमान पुष्टी गर्न सहयोग गर्दछ ।

हामीलाई कसरी थाहा छ की GW190412 एक वास्तविक गुरुत्वाकर्षण तरंगको संकेत हो भनेर?

GW190412 तरङ्गको संकेत सबै डिटेक्टरहरूमा देखा परेको थियो । तीन डिटेक्टरहरू एक अर्कादेखि सबै हजारौं

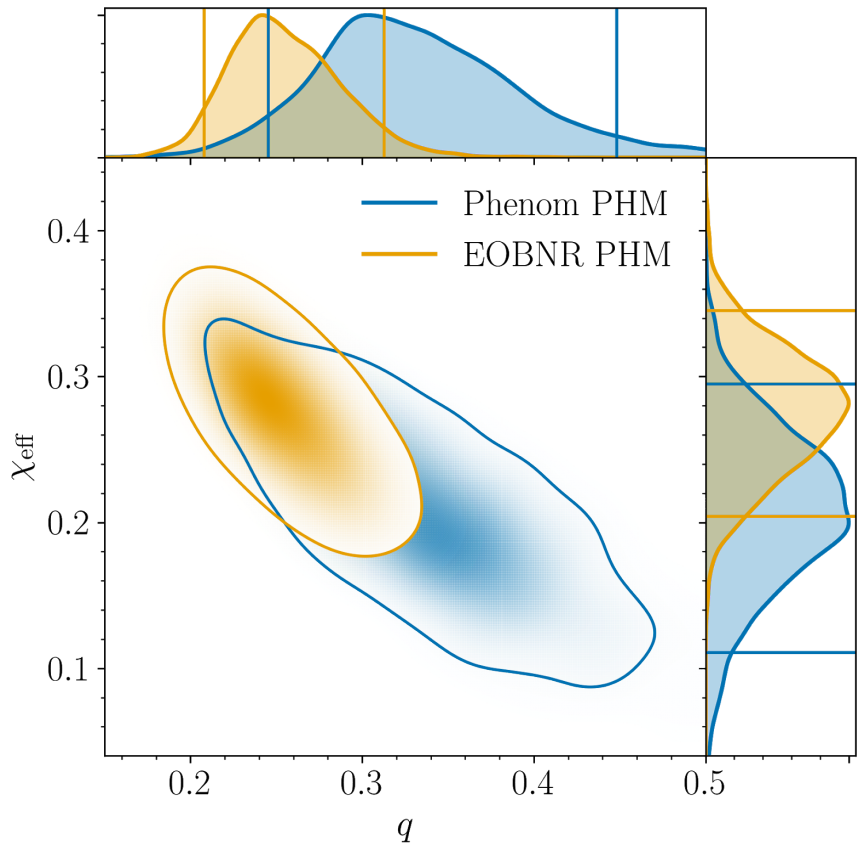


चित्र १: GW190412 गुरुत्वाकर्षण तरंगको तीन डिटेक्टरहरूमा देखिएको स्पेक्ट्रोग्राम ।

किलोमिटर टाढा भएका हुनाले सबै डिटेक्टरहरूमा यो संकेत लगभग एकैसाथ देखिनुले यसको श्रोत स्थानीय नभई खगोल केन्द्रित हो भन्ने कुराको पुष्टी गर्दछ ।

GW190412 को टाइम- फ्रीक्वेन्सी, एक स्पेक्ट्रोग्राम को रूपमा, चित्र 1 मा देखाइएको छ। GW190412 को संकेत हानफोर्ड र लिभिङ्गस्टन डिटेक्टरहरूको डेटामा "आँखाले" हेर्नको लागि पर्याप्त बलियो भएतापनी, हामीले थुप्रै अल्गोरिथ्महरू प्रयोग गरेर ऊक्त डेटामा प्रणालीगत रूपमा गुरुत्वाकर्षण - तरंग संकेतहरूको खोज र ती संकेतहरूको महत्व निर्धारण गर्छौं। हामीले प्रयोग गर्ने प्रविधिहरू म्याच फिल्टरिंगमा निर्भर हुन्छन्, जसले अवलोकन गरिएको डाटालाई सामान्य सापेक्षताबाट पूर्वानुमान गरिएको नक्कल संकेतहरूसँग तुलना गर्दछ। कुनै पनि संकेत डिटेक्टर नोइसको कारण गर्दा हुन सक्ने सम्भावनालाई फल्स अलार्म रेट भनिन्छ। अप्रिल ८ देखि अप्रिल १८ सम्मको डाटा प्रयोग गरेर, हामीले फल्स अलार्म रेट एक घटना प्रतेक ३०,००० वर्षको दरले फेला पार्छौं! O3 को पुरै डाटा विश्लेषण गरेपछि यो फल्स अलार्म रेटको महत्व झन् बढ्न सक्छ। हामीले नोइसका अन्य प्रकार र वातावरणीय स्रोतहरूको लागि पनि जाँच गरेका थियौं, तर GW190412 को पहिचान वा विश्लेषणमा खासै प्रभाव पार्न सक्ने केहि पनि भेटिएन।

GW190412 मा भेटिएका दुई बल्याक होलहरूको एकल तौल पहिलेको दुइवटा रनहरू मा देखेको संग मिल्दो जुल्दो छ - एक बल्याक होल सूर्यको मान भन्दा ३० गुणा भारी, र आर्को सूर्यको मान भन्दा ८ गुणा थियो। तर GW190412 मा भएका दुई बल्याक होलको भार अनुपात पहिला भेटिएका बल्याक होल मर्जर भन्दा धेरै नै भिन्न छ। पहिलो र दोस्रो रनमा भेटिएका १० बल्याक होलहरूको भार एकआर्कसंग मिल्दोजुल्दो भएतापनि GW190412 मा एउटा बल्याक होल आर्को भन्दा तीन गुणा भारी रहेको छ। भारमा बिबिधता भएकै कारण GW190412 ले असमान तरिकाले गुरुत्वाकर्षण तरंगहरू उत्पादन गर्छ जसले गर्दा यो प्रणालीको प्यारामिटर थाहा पाउन सजिलो हुन्छ। यो प्रणालीको ईफेक्टिभ स्पिन पोसिटिभ भएकाले कुनै एक बल्याक होल प्रणालीको ओर्बिटबाट नजिकै घुमिरहेको कुरा थाहा हुन्छ। विशेष रूपमा, GW190412 को असमान भारको कारण हामी पहिलो पटक ठूलो बल्याक होलको स्पिनको बारेमा थप ज्ञान हासिल गर्न सक्यौं, जुन सामान्य सापेक्षताद्वारा अनुमानित अधिकतम



चित्र 2: GW190412 को भार अनुपात (q) र प्रभावी स्पिन (effective spin)

स्पिनको ४० % स्पिनमा घुमिरहेको भेट्यो । यस प्रणालीको ईफेक्टिभ स्पिन र भार अनुपात चित्र २ मा हेर्न सकिन्छ। चित्रमा प्रणालीको प्रिसेसनको संकेत झीनो छ तेसैले प्रिसेसनको निष्कर्ष निकालिहाल्न मिल्दैन। असमान भारले गर्दा नै यो प्रणालीको दुरी र झुकाव आइँ राम्रो संग आंकलन गर्न सकिएको हो । GW190412 पृथ्वी भन्दा २.५ अर्ब प्रकाश वर्ष टाढा रहेको अनुमान गर्न सकिन्छ।

दुइ असमान बल्याक होलबाट निर्मित बाइनरी बल्याक होल प्रणाली

LIGO र Virgo ले अहिले सम्म अवलोकन गरेका कम्प्याक्ट बाइनरीहरू मार्फत हामीलाई यी बस्तुहरूको बारेमा धेरै नया ज्ञान प्राप्त भएको छ।। दुइ असमान बल्याक होलबाट निर्मित बाइनरी बल्याक होल प्रणालीको रूपमा, GW190412 ले हामीलाई यी प्रणाली को उत्पतिको बारेमा थप ज्ञान दिएको छ।। यस एकल घटनाको अवलोकनले हामीलाई येस्ता बल्याक होल प्रणालीहरू तुलनात्मक रूपमा सामान्य छन् र त्यसकारण हामीले भविष्यमा त्यस्ता धेरै प्रणालीहरू अवलोकन गर्न अपेक्षा गर्नुपर्दछ।

खगोलविद्हरूले ब्रह्माण्डमा बाइनरी बल्याक होलहरू कसरी बन्छन् र तिनीहरूको अपेक्षित जनसंख्या र अन्य गुणहरूको आंकलन गरेर भौतिक नमूनाहरू बनाएका छन्। यद्यपि प्राय सबै नमूनाहरूले बराबर भार भएका बाइनरी बल्याक होल प्रणाली अधिक सामान्य हुनुपर्दछ भन्ने पूर्वानुमान गरेका छन् । तर कतिपय नमूनाहरूले GW190412 जस्तो स्पष्ट रूपमा असमान भार भएका प्रणालीहरू पनि प्रशंसनीय संख्यामा हुनसक्ने पूर्वानुमान गरेका छन्। त्यस्ता प्रणालीहरू सामान्यतया कम्तिमा उनीहरूको बराबर-बराबर समकक्षहरू भन्दा दश गुणा कम हुने अनुमान गरिन्छ। यद्यपि GW190412 जस्तो प्रणालीको अवलोकन अप्रत्याशित भने होइन। हामीले १० भन्दा बढी कम्प्याक्ट बाइनरीहरू पत्ता लगाइसकेका अवस्थामा यो पूर्वानुमान भित्रै पर्छ। । भबिस्यमा गुरुत्वाकर्षण तरंग मार्फत हामी अझ धेरै प्रणालीहरू अवलोकन गर्ने अपेक्षा गर्छौं जसले भौतिक विज्ञानको बारेमा हाम्रो दृष्टिकोण अझ राम्रोसँग प्रकाश पार्नेछ।

** This document was translated by Sudarshan Karki and Sushant Sharma-Chaudhary with the help of Google Translate. This is not a verbatim translation and some materials that are not easily translatable are left out. Please refer to the English version for a full science summary.*