GWTC-2: মহাকর্ষীয় তরঙ্গ সনাক্তকরণের সম্প্রসারিত সূচী

এখানে লাইগো আর ভার্গোর ২০১৫ প্রথম মহাকর্ষীয় তরঙ্গের পর্যবেক্ষণ থেকে O3a (তৃতীয় পর্যবেক্ষণ পর্যায়ের প্রথমার্ধ) শেষ অবধি একটা সাম্প্রতিক তালিকা প্রস্তুত করা হয়েছে। O3a পর্যায়টি ১ এপ্রিল, ২০১৯ থেকে ১ অক্টোবর ২০১৯ অবধি চলেছিল। এই সময়ে আরো ৩৯ টি মহাকর্ষীয় তরঙ্গ সনাক্ত করা হয়েছিল।GWTC-1 এর ১১ টি মহাকর্ষীয় তরঙ্গ এবং এই ৩৯ টি পর্যবেক্ষণ একত্রে মোট ৫০ টি পর্যবেক্ষণের তালিকা মিলে GWTC-2 নাম দেওয়া হল। O3a এর আবিষ্কার গুলি জ্যোতিঃপদার্থবিদ্যার পরামিতির এক বিস্তৃত পরিসর। এই পর্যবেক্ষণে আমরা এর ইঙ্গিত পেয়েছি যে যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর, যুগ্ম নিউট্রন স্টার এবং নিউট্রন স্টার-কৃষ্ণ গহ্বর সংযুক্ত হয়েছে। এই তালিকায় যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর, যুগ্ম নিউট্রন স্টার এবং নিউট্রন স্টার-কৃষ্ণ গহ্বর সংযোগ পর্যবেক্ষণ করা হয়েছে এবং এই আবিষ্কারগুলি জ্যোতিঃপদার্থবিদ্যার পরামিতির এক বিস্তৃত পরিসর দর্শনীয়।

লক্ষণীয়ভাবে, O3a তে যতগুলো মহাকর্ষীয় তরঙ্গ নিশ্চিত ভাবে সনাক্ত করা হয়েছে সেটা O1 ও O2 এর সম্মিলিত পর্যবেক্ষণের প্রায় ৩ গুণ। এছাড়া O3a এর পুরো সময়টাই ভার্গো ডিটেক্টর লাইগোর দুটো যন্ত্রের সঙ্গে কাজ করেছে। সেজন্য এই সময়টাতে অন্ততঃ একটা ডিটেক্টর ৯৭% সময় এবং অন্ততঃ দুটো যন্ত্র ৮২% সময় পর্যবেক্ষণ করতে পেরেছে। এই সময়টাতে কয়েকটি আকর্ষণীয় ঘটনা দেখা গেছে, যেমন যুগ্ম নিউট্রন স্টার মিলিত হলে যে মহাকর্ষীয় তরঙ্গ উৎপন্ন হয় সেটা দ্বিতীয় বার এই পর্যবেক্ষণে সনাক্ত করা হয়েছে। এছাড়া অসম ভরের মিলিত হওয়া এবং যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর যাদের সম্মিলিত ভর সূর্যের ভরের চেয়ে ১৫০ গুণ বেশি, তাদের মিলিত হওয়াও নিশ্চিত ভাবে সনাক্ত করা হয়েছে। লাইগোর আর ভার্গোর যে উন্নতি হয়েছে সংক্ষেপে তার বিবরণ আমরা এখানে দেবো। এছাড়া এই পর্যবেক্ষণ জ্যোতিঃপদার্থবিদ্যার ক্ষেত্রেও যে বিশেষ প্রভাব ফেলেছে সেটাও বর্ণনা করা হবে।

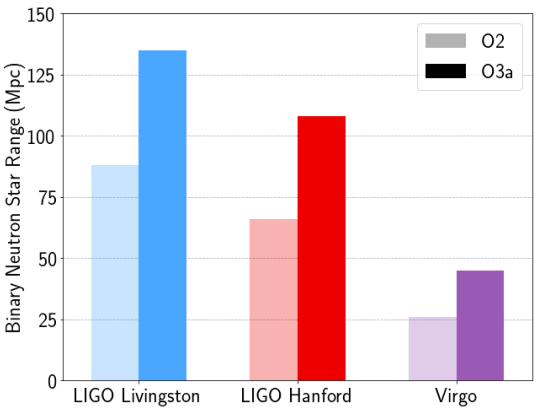
মহাকর্ষীয় তরঙ্গ সনাক্তকরণ

O3a এর ৩৯ টি যে আবিষ্কার হয়েছে তার প্রধান কারণ হোল লাইগো আর ভার্গোর পর্যবেক্ষণিকার উন্নতি, তথ্যের মানের উন্নতি এবং মহাকর্ষীয় তরঙ্গের খোঁজের বৈচিত্র। যন্ত্রানুষঙ্গের সাম্প্রতিক উন্নতিকরণ, যেমন আরো শক্তিশালী লেসার, উন্নতমানের আয়না এবং আলোর বিচ্ছুরণ আরো ভালোভাবে নিয়ন্ত্রণ করাতে অপ্রয়োজনীয় শব্দ বা দূষণ কমানো গেছে আর সূক্ষ্ম পরিবর্তন নির্ণয় করতে সক্ষম হয়েছে। এই উন্নতিকরণের জন্য তিনটে ডিটেক্টরেই কম্পাঙ্ক আর সনাক্তকরণের দূরত্বের পরিসীমা বেড়েছে। এর ফলে আমাদের মহাবিশ্বের দর্শনের পরিধি বেড়েছে। গড়পড়তায়, মাঝারি পরিসীমায় একটি প্রতীকস্বরূপ নিউট্রন স্টারের মিলিত হওয়ার সনাক্তকরণ O2 থেকে O3a তে প্রায় ৬৩% বেড়েছে। এছাড়াও লিভিংস্টোন ডিটেক্টর ১৩৫ মেগাপারসেক পৌঁছেছে যেটা চিত্র ১ এ দেখানো হয়েছে।

মহাকর্ষীয় তরঙ্গের উৎসের আবিষ্কারের আরেকটা বড় পদক্ষেপ হচ্ছে প্রাথমিক সব তথ্যগুলিকে পরিমার্জিত করা। এই তথ্যগুলিকে পরিমার্জিত করার পদ্ধতি হোল তথ্যের মান নির্ণয় করা, অপ্রয়োজনীয় শব্দ পরিশ্রুত করা এবং ত্রুটিমুক্ত করা।

সবার আগে প্রত্যেকটা ডিটেক্টর থেকে প্রাথমিক আলোকিক শক্তির পরিবর্তন মাত্রাবিহীন **স্ট্রেন** প্রায় প্রকৃত সময়তে ক্রমাঙ্ক করা হয়। পরে তথ্যগুলির আবার ক্রমাঙ্ক নির্ণয় করে তার মধ্যে থেকে পদ্ধতির ত্রুটিগুলি কমানো হয় এবং শব্দদূরীকরণ করা হয়। এর ফলে মহাকর্ষীয় তরঙ্গের উৎসের পর্যবেক্ষণের পরিসীমা বেড়ে যায়, এতে তথ্যের মৃদু সংকেতগুলিও ধরা পড়ে।

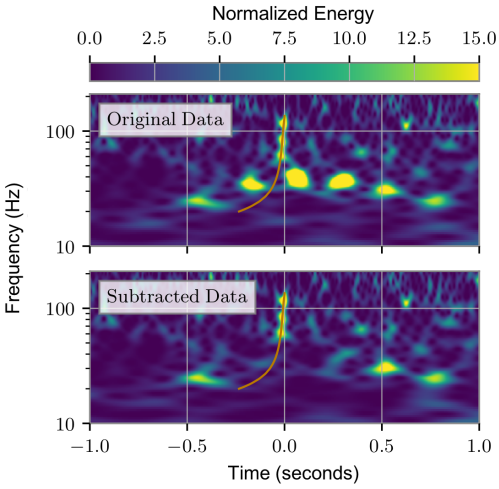
মহাকর্ষীয় তরঙ্গের তথ্যের মান বিশ্লেষণ করার সময় সাধারণতঃ যে সমস্যার সম্মুখিন আমরা হই সেটা সেটা হচ্ছে তথ্যের ত্রুটি। এই তথ্যগুলি হচ্ছে স্বল্প কালীন ক্ষণস্থায়ী শব্দ, যার উৎস ক্যামেরারসশ্যাটার অথবা লেসার মরীচি থেকে আলোর বিচ্ছুরণ। অন্যান্য ত্রুটিগুলি আরো রহস্যময় যেমন ব্রডব্যাণ্ড স্বল্প কালীন ব্লিপ। লাইগো আর ভার্গোর তথ্যের ত্রুটিগুলিকে সনাক্ত ও শ্রেণীবদ্ধ করতে গ্র্যাভিটি স্পাই প্ল্যাটফরমের হাজার হাজার বৈজ্ঞানিকেরা আমাদের সাহায্য করে (আপনারাও গ্র্যাভিটি স্পাই এর সাহায্যে ত্রুটিগুলিকে সনাক্ত করতে সাহায্য করুন)। তথ্যগুলির তাৎপর্যপূর্ণ ত্রুটিগুলি সনাক্ত করার পর মহাকর্ষীয় তরঙ্গের সংকেত থকে ত্রুটিদূরীকরণ পদ্ধতির সাহায্যে সেগুলোকে বাদ দেওয়া হয়, যা দেখানো হয়েছে চিত্র ২ তে। O3a তে যে ৩৯ পর্যবেক্ষণ আমরা করেছি তার মধ্যে ৮ টি পর্যবেক্ষণে এই পদ্ধতির দ্বারা ত্রুটিদূরীকরণ করে আমরা লাভবান হয়েছি। এটা পরামিতি অনুমান বিশ্লেষণের ঠিক আগের পদ্ধতি।



চিত্র ১: দ্বিতীয় পর্যবেক্ষণ সময়কাল এবং তৃতীয় পর্যবেক্ষণ সময়কালের প্রথমার্ধের এক একটি ডিটেক্টরের মধ্যমা যুগ্ম নিউট্রন স্টারের পরিসরের তুলনা।টীকা: ১ মেগাপারসেক প্রায় ৩২.৬ লক্ষ আলোকবর্ষ সমান। *(Credit: LIGO-Virgo Collaboration / Eve Chase / Caitlin Rose / Northwestern / University of Wisconsin-Milwaukee.)*

মহাকর্ষীয় তরঙ্গের খোঁজ করার সময়, প্রার্থীর সনাক্তকরণ দুটি সময় স্কেলে করা হয়। প্রথম কয়েক মিনিটের মধ্যে একাধিক খোঁজের পাইপলাইন থেকে সংগৃহীত তথ্যগুলির একটি দ্রুত নিরীক্ষণ করার পর এক সার্বজনীন সংকেত পাঠান হয়। তারপর নির্বাচিত তথ্যের তালিকা সূচী বানানোর জন্য আবার যত্ন সহকারে তথ্যের বিশ্লেষণ করা হয়। এর জন্য তথ্যগুলিকে সাম্প্রতিকতম ক্রমাঙ্ক করা হয়, তথ্যের মান মূল্যায়ণ করা হয় এবং সবশেষে উচ্চমানের পদ্ধতির দ্বারা পরিসংখ্যানিক গুরুত্ব গণনা করা হয়। কোন তথ্যগুলি নির্বাচিত হবে সেটা ঠিক করার জন্য আমরা বছরে ২ টি ঘটনার ফলস আলার্ম রেট প্রয়োগ করি। এই ফলস আলার্ম রেট প্রয়োগ করা হয় কারণ আমরা মনে করি এধরনের তথ্য শব্দের জন্য হঠাৎ করে হতে পারে। O3a তে ৩৯ ঘটনার মধ্যে ২৬টি আগেই প্রকৃত সময়তে সনাক্ত করে জানানো হয়েছিল। বাকি ১৩টি GWTC-2 তে প্রথম সনাক্ত করা হয়েছে।

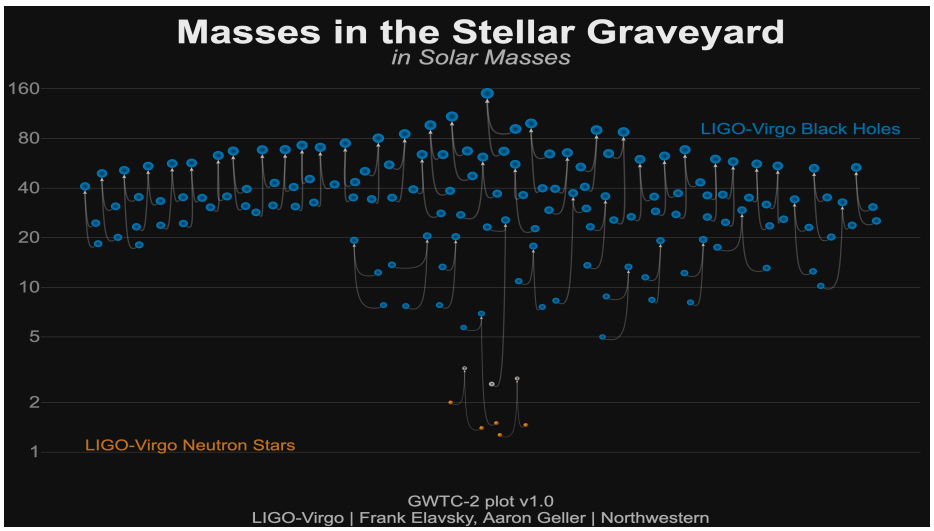
GWTC-2 তে আমরা মহাকর্ষীয় তরঙ্গের ঘটনাগুলোর প্রচলিত নামকরণের পদ্ধতিকে সংশোধন করেছি। পুরানো পদ্ধতিতে ঘটনাগুলি যেদিন পর্যবেক্ষণ করা হত সেই দিন অনুসারে নামকরণ হত। খুব সাম্প্রতিক GW190412, GW190425, GW19052, GW190814 এবং পুরোনো পর্যবেক্ষণগুলির নামকরণ পদ্ধতি পরিবর্তন করা হয়নি। কিন্তু GWTC-2 এর নতুন পর্যবেক্ষণের UTC সময়টাও দিনের সঙ্গে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে - যেমন GW190701_203306 (চিত্র ২) পর্যবেক্ষণ করা হয়েছিল ১ জুলাই, ২০১৯ ২০:৩৩:০৬ UTCতে। এর ফলে একী দিনে দুটি পর্যবেক্ষণেরও আলাদা আলাদা নামকরণ করা যায়। এটা O3a তে তিনবার ঘটেছিল।.



চিত্র ২: GW190701 এর সময়-কম্পাঙ্কের তথ্যের ত্রুটিসহ ও ত্রুটিমুক্ত চিত্র। লিভিংস্টোন ডিটেক্টরে আলোর বিচ্ছুরণে অতিরিক্ত শব্দের কারণে যে ত্রুটি হয়েছিল সেটা আনুমানিক ৪০ Hz এর নীচে।(আমাদের পেপারের চিত্র ৫ থেকে অভিযোজিত করা হয়েছে।)

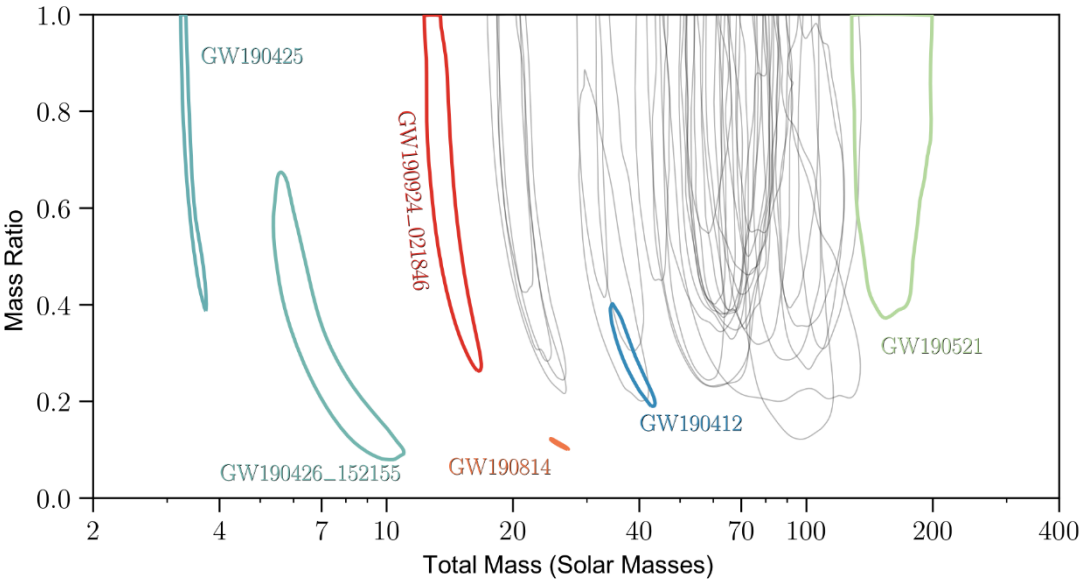
জ্যোতিঃপদার্থবিজ্ঞানের পরামিতির পরিমাপ

আমরা প্রতিটি ঘটনার জ্যোতিঃপদার্থবৈজ্ঞানিক প্রকৃতি অনুসন্ধান করি পরামিতি অনুমান পদ্ধতিতে যা নির্দিষ্ট মহাকর্ষীয় তরঙ্গ ঘটনার অসংখ্য জ্যোতিঃপদার্থবিদ্যার বৈশিষ্ট্যর মান নির্ণয় করে। আমরা বাহ্যিক পরামিতি পরিমাপ করি যেটা যুগ্মের সাথে পৃথিবীর সম্পর্ক বর্ণনা করে - যেমন পৃথিবীর থেকে দূরত্ব, উৎসর অবস্থান এবং পর্যবেক্ষকের পরিপ্রেক্ষিতে উৎসর অভিমুখীকরণ। এছাড়াও আমরা অন্তর্মুখী পরিমিতিও পরিমাপ করি যেমন যুগ্মের উপাদানের ভর ও ঘূর্ণন। এই ঘটনার পরিমিতি থেকে অমরা মহাকর্ষীয় তরঙ্গাকার গণনা করি যা সময়ের সাথে প্রত্যাশিত মহাকর্ষীয় তরঙ্গের স্ট্রেন নির্ধারণ করে।আমরা ডিটেক্টরের শব্দের উপস্থিতিকে বাদ দিয়ে লাইগো আর ভার্গোর তথ্যের সাথে যা গণনা করা হয় সেটার তুলনা করি। এই পরিমিতি অনুমান পদ্ধতিতে আমরা ৯০% বিশ্বাসযোগ্য মধ্যবর্তী স্থান পাই যা তথ্যগুলির সাথে যুক্তিসঙ্গতভাবে মেলে এমন মান পরিসীমাকে নির্ধারণ করে।



চিত্র ৩: নিবিড় বস্তুর ভরের গোষ্ঠিবদ্ধ বিস্তীর্ণ পরিসীমা চিত্র। চিত্রে কৃষ্ণ গহ্বর (নীল), নিউট্রন স্টার (কমলা) এবং অনিশ্চিত প্রকৃতির নিবিড় বস্তু (ধূসর) সনাক্তকরণ হয়েছে মহাকর্ষীয় তরঙ্গের দ্বারা। প্রত্যেকটা নিবিড় যুগ্মীকরণ তিনটি নিবিড় বস্তুর অনুরূপ: দুটো একসঙ্গে সমবেত হওয়া বস্তু এবং যুগ্মীকরণের পর অবশিষ্ট বস্তু।। (Credit: LIGO Virgo Collaboration / Frank Elavsky, Aaron Geller / Northwestern)

আমাদের ৩৯ টি পর্যবেক্ষণ বিস্তৃত ভরের পরিসীমা জুড়ে আছে যা আমাদের এই মহাকাশ জুড়ে কৃষ্ণ গহ্বর আর নিউট্রন স্টারের গঠন ও তাদের ইতিহাস সম্বন্ধে জানতে সাহায্য করে । যুগ্মীকরণের আগে যে মহাকর্ষীয় তরঙ্গ উৎপন্ন হয় সেটা প্রধানতঃ নির্ভর করে স্বতন্ত্র উপাদানের ভরের বিশেষ সংমিশ্রণের ওপর, যাকে **চার্প মাস** বলা হয়।অন্যান্য তাৎপর্যপূর্ণ ভরের পরিমিতির অন্তর্গত হলো যুগ্মের **সম্মিলিত ভর** এবং **ভর অনুপাত**। এই ভর অনুপাত হলো হাল্কা এবং ভারী নিবিড় বস্তুর অনুপাত।



চিত্র ৪:O3a এর ভরের অনুপাত এবং সমগ্র ভরের অনুমান। সীমাসূচক রেখা ৯০% বিশ্বাস যোগ্য অন্তরকে চেত্রিত করেছে। ৬ টি অনন্য ঘটনা দৃষ্টিগোচর করা হয়েছে। (আমাদের পেপারের চিত্র ৬ থেকে অভিযোজিত করা হয়েছে।)

O3A এর অসাধারণ আবিষ্কার

চিত্র ৩ GWTC-2 এর ভরের বৈচিত্র্য দর্শনীয়, ১.৪ সৌর ভরের নিউট্রন স্টার থেকে ১৫০ সৌর ভরের কৃষ্ণ গহ্বর অবধি। **চিত্র ৪ আর ৫** নিম্নলিখিত ৮টি ঘটনা লক্ষণীয়, যার মধ্যে ৪টি স্বতন্ত্রপ্রকাশনায় ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

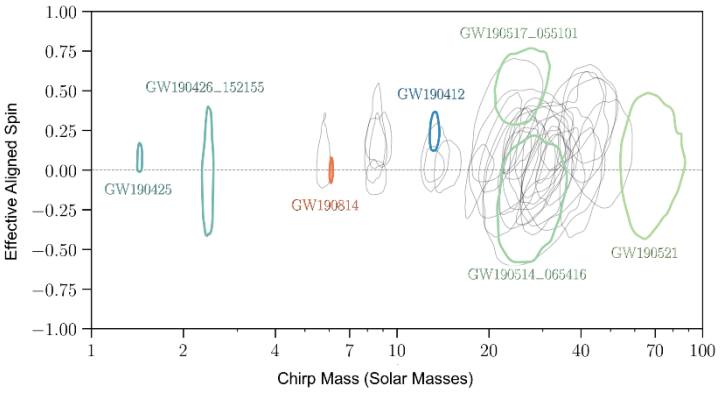
- GW190412: প্রথম যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর যাতে অসম ভরের উপাংশ লক্ষ্য করা গেছে, যাতে উচ্চতর সুরবিজ্ঞানের প্রমাণ আছে।
- GW190425: GW170817 এর পর যুগ্ম নিউট্রন স্টারের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ দ্বিতীয় মহাকর্ষীয় তরঙ্গের ঘটনা।
- GW190426: কম ভরবিশিষ্ট ঘটনা যেটা হয় যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর বা কৃষ্ণ গহ্বর - নিউট্রন স্টারের সামঞ্জস্যপূর্ণ।
- GW190512: O3a ঘটনাগুলির মধ্যে একটি যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর যার সবথেকে কম কার্যকারি শ্রেণীবদ্ধ ঘূর্ণণ।
- GW190517: ঘটনাগুলির মধ্যে একটি যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর যার সবথেকে বেশী কার্যকারি শ্রেণীবদ্ধ ঘূর্ণণ।
- GW190521: একটি যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর যার ভর সূর্যের ভরের প্রায় ১৫০ গুণ
- GW190814: একটি অত্যন্ত সামঞ্জস্যহীন অস্পষ্ট প্রকৃতির যুগ্ম, একটি ২৩ সৌর ভরের এবং একটি ২.৬ সৌরভরের নিবিড় বস্তুর সংযুক্তিকরণ। এর জন্য ২.৬ সৌরভরের নিবিড় বস্তুটাকে একটা সবচেয়ে হাল্কা কৃষ্ণ গহ্বর বা সবচেয়ে ভারী নিউট্রন স্টার বলা যেতে পারে।
- GW190924: হয়তো সবচেয়ে হাল্কা ভরের যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর যার দুটো কৃষ্ণ গহ্বরই ৩ সৌর ভরের থেকে বেশী।

এছাড়াও GWTC-2 এর অন্তর্গত সেইসব ঘটনাও আছে যেটা তথাকথিত ‘কম ভরের শূন্যস্থান’ অর্থাৎ সৌর ভরের ২.৫ - ৫ গুণের মধ্যে। বহু বছর ধরে জ্যোতিঃপদার্থবিজ্ঞানীকরা মনে করত যে ভরের শূন্যস্থানের অস্তিত্বের কারণ পর্যবেক্ষণের অভাব। O3a সম্ভাব্য ‘ভরের শূন্যস্থান’ বস্তু উৎপন্ন করেছে, যেমন GW190814 এবং GW190924 এর হাল্কা সঙ্গী।

চিত্র ৪ দেখা যাচ্ছে, GW190521 O3a এর বৃহত্তম সমগ্র ভর, এবং এটা GW170729 ভরের প্রায় দু গুণ, GWTC-1 এর সবচেয়ে ভারী যুগ্ম কৃষ্ণ গহ্বর। এছাড়াও GW190521 এ সবচেয়ে ভারী স্বতন্ত্র কৃষ্ণ গহ্বর যা আজ অবধি সনাক্ত করা হয়েছে এবং যার ভর ৯০ সৌর ভরের চেয়েও বেশী সেটাও অর্ন্তভুক্ত করা হয়েছে। আরো বেশ কিছু ঘটনা যেমন GW190519, GW190602 এবং GW190706 এও ১০০ সৌর ভরের বেশী সমগ্র ভরের অর্ন্তভুক্ত হওয়ার সম্ভাবনা আছে।

GWTC-1 এর চেয়ে GWTC-2 তে আরো বেশী অসম ভরের বস্তু দেখা যেমন GW190412 ও GW190814। এই দুটোই উৎপন্ন হয়েছে কৃষ্ণ গহ্বর ও তার হাল্কা সহচরের সংমিশ্রণ থেকে। উচ্চতর সুরবিজ্ঞানের স্বর অসম সংমিশ্রণের জন্য বিধিত হয়, যা GW190412 এর পর্যবেক্ষণে দেখা গেছে। এই সাম্প্রতিক তালিকায় মহাকর্ষীয় তরঙ্গ জ্যোতিঃপদার্থবিদ্যার আরো বেশ কয়েকটি অনন্য কীর্তি অর্ন্তভুক্ত করে। আজ অবধি সবচেয়ে দূরের যে সব ঘটনা পর্যবেক্ষণ করা হয়েছে সেগুলো ছাড়াও আরো ৯টি ঘটনা যা মহাকাশের ১% এরও কম ক্ষেত্রের আয়তনে স্থানীয়করণ করা হয়েছে.

ঘূর্ণণ থেকে আরো জানা যায় যুগ্ম নিবিড় বস্তুর বিবর্তনের ইতিহাস। ঘূর্ণণ নিবিড় বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বোঝায় এবং এটা ঘূর্ণনহীন এবং সবচেয়ে বেশী ঘূর্ণণনর মধ্যে যে কোনো মানের হতে পারে । আমরা সাধারণতঃ ঘূর্ণণের পরিমাপ করি 'কার্যকারি শ্রেণীবদ্ধ ঘূর্ণণ' এর সাহায্যে যেটা এক-একটি নিবিড় বস্তুর যুগ্মীকরণের আগের ঘূর্ণণের বিশেষ সংমিশ্রণের সঙ্গে সম্বন্ধ স্থাপন করে। চিত্র ৫ এ প্রতিটি ঘটনায় 'চার্প মাস' এর বিরুদ্ধে কার্যকারি শ্রেণীবদ্ধ ঘূর্ণণ পরিমাপ দেখানো হয়েছে। ঋণাত্মক কার্যকারি শ্রেণীবদ্ধ ঘূর্ণণ যেটা বিভ্রান্ত ঘূর্ণণ বোঝায়, সেটা ইঙ্গিত করে যে যুগ্মের উৎপন্ন একটি ঘন পরিবেশ থেকে যেমন গ্লোবুলার ক্লাস্টার। যেমন চিত্র ৫ এ দৃষ্টিগোচর করা হয়েছে, হয়তো GW190517 এ সবথেকে বেশী কার্যকারি শ্রেণীবদ্ধ ঘূর্ণণ আছে। বিনা সংশয়ে কোন ঋণাত্মক মান GWTC-2 তে সনাক্ত করা যায় নি। যদিও GW190514 এ হয়ত সবচেয়ে কম কার্যকারি শ্রেণীবদ্ধ ঘূর্ণণ আছে। এছাড়াও ঘূর্ণণে আমরা যুগ্মের অয়নচলনের প্রমাণ পাই। GWTC-2 তে এমন ঘটনা আছে যা হাল্কাভাবে অয়নচলনের সমর্থন করতে পারে যেমন GW190412 আর GW190521।



চিত্র ৫: O3a এর সবকটি ঘটনার কার্যকারি শ্রেণীবদ্ধ ঘূর্ণণ এবং চার্প মাসের অনুমান। এই চিত্রে সীমা সুচক রেখা ৯০% বিশ্বাসযোগ্য ব্যবধান চিত্রিত করা হয়েছে। (আমাদের পেপারের চিত্র ৭ থেকে অভিযোজিত করা হয়েছে।)

মহাকর্ষীয় তরঙ্গের জ্যোতিঃপদার্থবিদ্যার উজ্জ্বল ভবিষ্যত

মনে হয় পরাবাস্তব কিন্তু সেপ্টেমবার ২০১৫ এর প্রথম পর্যবেক্ষণের মাত্র ৫ বছরের মধ্যে মহাকর্ষীয় তরঙ্গের পর্যবেক্ষণ এখন প্রায়ই ঘটছে। ৫০টি মহাকর্ষীয় তরঙ্গের পর্যবেক্ষণের পর আমরা এখন আরো ভালোভাবে মহাকাশ জুড়ে কৃষ্ণ গহ্বর ও নিউট্রন স্টারের সংখ্যা অনুসন্ধান করতে পারছি (সারসংক্ষেপ)। মহাকর্ষীয় তরঙ্গের পর্যবেক্ষণ সাধারণ আপেক্ষিকতার সম্বন্ধে আমাদের জ্ঞান আরো বাড়িয়ে তোলে (সারসংক্ষেপ)।

মহাকর্ষীয় তরঙ্গের জ্যোতিঃপদার্থবিদ্যার ভবিষ্যত খুবই উজ্জ্বল হয়েছে O3 এর পর্যবেক্ষণের প্রথম ৬ মাসের মধ্যে ৩৯টি ঘটনার পর। O3 এর দ্বিতীয় পর্যের (O3b) বিশ্লেষণ চলছে এবং এটা আমাদের ক্রমবর্ধমান মহাকর্ষীয় তরঙ্গের ক্ষণস্থায়ী সূচীকে প্রসারিত করবে। O3 পর, পর্যবেক্ষণের যন্ত্রাংশ আরো প্রকৌশল উন্নয়ন করা হবে যাতে চতুর্থ পর্যবেক্ষণ সময়কালে জ্যোতির্বিজ্ঞানীয় পরিসীমা আরো বৃদ্ধি পায়। যন্ত্রাংশের উন্নয়ন এবং নতুন ডিটেক্টর তৈরী হওয়ার জন্য আমরা যেমন অপেক্ষা করবো, তেমনি এই সময় মহাকর্ষীয় তরঙ্গের যুক্ত বৈজ্ঞানিকরা মহাকাশ জুড়ে কৃষ্ণ গহ্বর ও নিউট্রন স্টারের প্রকৃতি কি তার অন্বেষণ চালিয়ে যাবে।

শব্দকোশ:

চার্প মাস: নিবিড় বস্তুর যুগ্মের ভরের গাণিতিক সংমিশ্রণ। কম ভর বিশিষ্ট যুগ্মের মহাকর্ষীয় চার্পের চরিত্রগত কম্পাঙ্কের বৃদ্ধির নির্দেশ দেয় চার্প মাস।
নিবিড় বস্তু: কৃষ্ণ গহ্বর, হোয়াইট ডোয়ার্ফ বা নিউট্রন স্টারের মত অত্যন্ত ঘন জ্যোতির্বিজ্ঞান বস্তু।

মহাকর্ষীয় তরঙ্গাকার: সময়ের সাথে মহাকর্ষীয় তরঙ্গের সংকেতের বিবর্তনের উপস্থাপনা।
ভর অনুপাত: হাল্কা নিবিড় বস্তুর ভরের ও ভারী নিবিড় বস্তুর ভরের অনুপাত।
মধ্যমা : বিতরণ বক্ররেখার ঠিক মাঝখানের মান যাতে ওই বিতরণের অর্ধেক মান মধ্যমার ওপরে ও অর্ধেক নীচে থাকবে।
পরামিতির অনুমান: পরিসংখ্যান কৌশল ব্যবহার করে মহাকর্ষীয় তরঙ্গের সংকেতের জ্যোতির্বিজ্ঞান পরামিতি অনুমান করা হয়।
সৌর ভর: সূর্য্যের ভর। জ্যোতির্বিজ্ঞানে এটি একটি প্রচলিত ভর পরিমাপের একক।
স্ট্রেন: মহাকর্ষীয় তরঙ্গ যখন এক একটি ডিটেক্টরের ভিতর দিয়ে যায় তখন স্থানকাল বিকৃত হওয়ার জন্য ডিটেক্টরের বাহুর দৈর্ঘ্যের পরিবর্তনকে সমগ্র বাহুর দৈর্ঘ্য দিয়ে ভাগ করলে স্ট্রেন এর মান পাওয়া যায়।
শ্রেণীবদ্ধ ঘূর্ণণ : উপাংশের ঘূর্ণনের সেই অংশটি যেটা বস্তু দুটির কক্ষপথ পরিক্রমণের ঘূর্ণনের দিকে উদ্দিষ্ট।

FIND OUT MORE:

Visit our websites:
http://www.ligo.org, http://www.virgo-gw.eu

Read a free preprint of the full scientific article at:
https://dcc.ligo.org/P2000061/public

The data for the 39 events discovered in O3a are available from the GWOSC web server's event portal at:
https://www.gw-openscience.org/eventapi/html/GWTC-2/
The GWOSC web site includes useful background documentation, example code, and tutorials to assist with exploring these publicly available datasets

Visit our websites:
http://www.ligo.org
http://www.virgo-gw.eu

This science summary is translated to Bengali by Durba Bhattacharjee, mother of Dripta Bhattacharjee who is a LSC member. This is the second time she has translated a LIGO-Virgo science summary, the first one being the GW190412 science summary. She is a high-school teacher in India. She teaches English to senior secondary students. Bengali is her mother tongue. After translating for LIGO-Virgo twice, she says that the following words of Rabindranath Tagore, the first Nobel Laureate in Literature from India, resonates with her ever so more than before:

আকাশ ভরা সূর্য্যতারা
বিশ্বভরা প্রাণ তাহারি মাঝখানে
আমি পেয়েছি, পেয়েছি সন্ধান
বিস্ময়ে তাই জাগে, জাগে আমার
প্রাণ আকাশ ভরা।

Translation:

The sky is full of sun and stars
The Universe is full of life
Among all these I have found a place
And in wonder and amazement, I sing
The sky is full.