

Tények a gravitációshullám detektorokról: Einstein-teleszkóp és társai (2019.04.01)

Az MTA Fizikai Tudományok Osztályának állásfoglalása (2018. november 28):

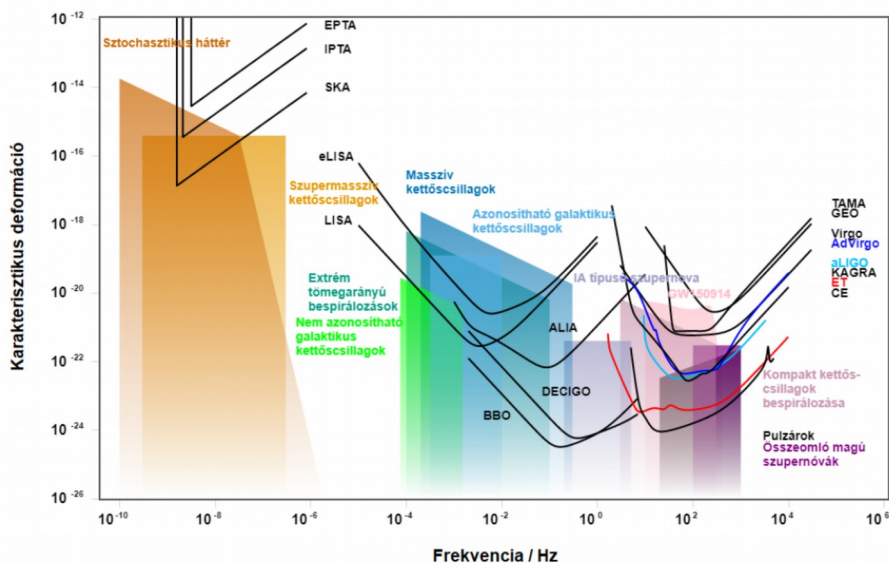
- „a) Amennyiben az Einstein-teleszkóp megépítésre kerül, akkor javasolja magyar kutatók részvételét a tudományos együttműködésben.
- b) Nem támogatja, hogy Magyarország befogadó országgént pályázzon az Einstein-teleszkóp projektben.”

2019 első hónapjaiban több cikk jelent meg a magyar médiában a tervezett Einstein-teleszkópról és a gravitációs hullámokat detektálni képes egyéb berendezésekről. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk az Einstein-teleszkóppal és a többi tervezett gravitációs-hullám nagyberendezéssel kapcsolatos fontosabb tudományos és technológiai információkat. 3G detektornak a földi telepítésű harmadik generációs gravitációs-hullám detektorokat nevezik.

Az alábbi információ fő forrásai a [Dawn IV jelentés \[2019 március\]](#), illetve a Gravitational Wave International Committee ([GWIC](#)) [3G munkabizottságának anyagai](#). Jó összefoglalást ad [Michele Punturo 2018 novemberi MTA előadása](#).

1) Mi a különbség a második és harmadik generációs (3G) gravitációs-hullám detektorok között?

A legnagyobb különbség a jelentősen nagyobb érzékenység. A 2019 áprilisában induló harmadik megfigyelési időszakban hetente várhatóan egy eseményt észlel majd a 2. generációs LIGO-VIRGO detektorhármassal. Sem a LIGO-kat, sem a VIRGO-t, sem a KAGRA-t nem lehet 3G-vé fejleszteni, még A+ verziójuk érzékenysége is legfeljebb duplája a mostaninak. Az európai Einstein-teleszkóp (ET) illetve az amerikai Cosmic Explorer (CE) elégték majd ki a harmadik generációs berendezések feltétel-rendszerét. A CE tervezett karhossza 40 km, az ET csak 10 km, de a földalatti telepítés miatt az ET érzékenysége elérheti a nagyobb CE-t. A másik USA terv a LIGO Voyager, becsült érzékenysége 3 x A+. Az ET alacsony frekvenciás része csak a föld alatt működőképes. Az 1. ábrán látható érzékenységi görbék alapján kijelenthető, hogy az űrbe telepítendő LISA által észlelhető jelenségkör az eltérő frekvenciatartomány miatt más, mint a földi telepítésű detektoroké (10^{-4} - 10^{-1} Hz illetve 1 - 10^4 Hz). A 3G detektoroktól kb. azonos tömegű fekete lyuk, illetve neutroncsillag összeolvadások megfigyelése várható. A LISA elsősorban erősen eltérő tömegű, vagy extra nagy tömegű fekete lyuk összeolvadások megfigyelésére lehet alkalmas.



1.ábra: A gravitációshullám detektorok spektrális érzékenysége

A földi 3G detektorok tudományos értékelésénél egyformán fontos a különböző lehetséges detektorhálózatok érzékenysége, a sáv szélességük, a hálózati konfigurációjuk és mérési képességeik összevetése.

(Helyettesíti-e a LISA a 3G detektorokat? Nem. A LISA és a földi telepítésű detektorok kiegészítik egymást, hasonlóan a különböző elektromágneses hullámhosszokon működő csillagászati távcsövekhez. A LISA tervezet élettartama 4-10 év, az ET-é 50 év.)

(El tudja-e látni az ET funkcióját a LIGO A+, a LIGO Voyager, vagy a CE valaha? Nem. Mindenképpen kell legalább egy harmadik detektor.)

2) Technológia: Ligo-Virgo-ET-CE

A VIRGO érzékenysége az A+ fejlesztéssel eléri a maximumát, tovább nem lesz növelhető. A LIGO, az A+ fejlesztési ütemmel 2024-re kétszeresére növelheti érzékenységét, további fejlesztése már a Voyager (2. ábra). Az ET technológiai előkészítése régóta elkezdődött és folyamatos. Az nagy érzékenységet a hosszabb kar, a hűtött tükrök, a nagyobb tükrötömegek és az erősebb lézer együttesen eredményezik. Az ET specialitása az alacsony frekvenciára (1-10Hz) hangolt részdetektor. Ehhez elengedhetetlen a földalatti telepítés, ami speciális technológiai kihívásokat jelent (newtoni zaj). Nem biztos, hogy arra a részre szükség lesz, ennek eldöntése részben a potenciális felfedezési képességtől függ. Európában a felszínen nincs hely.

Continent	Detector	Obsolescence	Limits
America	LIGO H1		
	LIGO L1		
Europe	GEO600		
	Virgo		
Asia	KAGRA		
	LIGO India		

M.Punturo - HAS2018

2. ábra A jelenlegi detektorok elavultsága és fejlesztetősége.

(Miért kell az ET-t föld alá telepíteni? Az AF érzékenység és helyhiány miatt.)

3) Nemzetközi tudománypolitika és finanszírozás

2011 óta az ET tervezésének folytatása a gravitációs hullámok felfedezésére várt. Mivel a VIRGO nem fejleszthető tovább, szükség lesz egy 3G detektorra Európában. Tudjuk továbbá, hogy a pontos helymeghatározáshoz három 3G detektor lenne optimális. Az ET teljes kiépítésben tartalmaz 3 detektort, ezzel teljesíti ezt a követelményt. Természetesen a három detektor lehet egymástól távol is. Például egy Európában, egy az USA-ban, egy pedig egy harmadik országban. Az biztos, hogy az USA nem fog három darab 3G detektort építeni. Egy világméretű hálózat kialakítása nehéz és időigényes.

Jelenleg az ET tervek kidolgozottsága a legmagasabb szintű. Az amerikai elképzelések egyike, a LIGO Voyager, a LIGO detektorok további átépítésével és fejlesztésével valósulna meg (lézerfejlesztésekkel és hűtött tükrökkel). Ez az LIGO A+ fejlesztéshez képest háromszor

érzékenység növekedést eredményezne. A Cosmic Explorer egy további, még nagyobb ívű terv. Mindkét detektor még az elvi tervezés fázisában van. Tegyük fel, hogy az USA megépíti az amerikai detektort. De ki fogja a 'harmadik' detektort finanszírozni és megépíteni? A japánok a KAGRÁ-t ennyire nem tudják tovább fejleszteni. Építsék a kínaiak, vagy az ausztrálok? Esetleg Dél-Afrika? Ha Európa belefog az ET-be, akkor az USA nem fog második detektort építeni. Ha gyors döntés születik az USA-ban, akkor az befolyásolni fogja az európai terveket (például elég lenne egy egykarú ET). Egyelőre az ET tervei rugalmasak, több változat van előkészületben. Viszont az is világos, hogy egy fejleszthető detektort érdemes létrehozni.

A finanszírozási rendszer eltérő az USA-ban és az EU-ban. Az ET építésének költségeit körülbelül 1/3 arányban állja a fogadó ország, mert a gazdasági haszna is ott érvényesül. Működtetésének finanszírozására a CERN-hez hasonló elképzelés van előkészítés alatt (előre fizetett tagdíjak, beszállítói törlesztés).

(Önmagában alkalmas-e a háromszög alakú Einstein-teleszkóp az iránymeghatározásra? Igen, alkalmas. Ha az ET megépülne, akkor semmi más nem kellene építeni. Viszont ha más 3G detektorok is épülnek, akkor nem érdemes az ET-t teljes kiépítésben megvalósítani, optimalizálni lehet és kell a költségeket.)

(Miért kell Európában 3G detektor? Mert a VIRGO nem fejleszhető azzá és az USA várhatóan legfeljebb egyet fog építeni.)

(Mennyire van előkészítve az ET és más detektorok? A 3G detektorok közül az ET tervei a legkidolgozottabbak. Az ET és a LISA befejezése egyaránt 2034-35-re van prognosztizálva.)

4) Gazdasági szempontok

Az ET becsült ára teljes kiépítésben 1-2 Mrd euró, várhatóan Magyarországon lett volna a legolcsóbb a tervezett helyszínek közül. Az ESFRI listára való feljutáshoz, azaz a megvalósításra érdemes európai tudományos infrastruktúrák sorához történő csatlakozáshoz, már rendes megvalósíthatósági hatástanulmányt kell készíteni, amely részletes helyszínspecifikus technológiai, pénzügyi, környezeti terveket és vizsgálatokat tartalmaz. Minden nagyberuházáshoz kell ilyen csinálni. Ez előfeltétele a gazdasági szempontok tárgyilagos áttekintésének és megvizsgálásának.

Egy fontos szempont, hogy az ET-t a magyar tudományos közösség által az országba hozott, csúcstechnológiát tartalmazó gazdasági beruházásnak érdemes tekinteni, amelynek finanszírozását megfelelő költség-haszon elemzéssel, gazdasági szempontok alapján kell elsősorban értékelni (és megoldani) a tudományos és presztízsértékétől függetlenül. Illetve kellett volna.

(Ráfizetés lett volna Magyarországnak az ET? Megvalósíthatósági hatástanulmány hiányában ezt nem tudhatjuk.)

[ESFRI \(European Strategy Forum on Research Infrastructures\)](#) - az előkészítés első stádiuma, tudományosan értékeli a javasolt infrastruktúrákat, technológiai szinten dolgozott terveket kell beadni. Nem finanszíroz.

[GWIC \(The Gravitational Wave International Committee\)](#) - nemzetközi fejlesztést koordináló tudományos testület. Nem finanszíroz, tudományosan értékeli.

[APPEC \(Astroparticle Physics European Consortium\)](#) – Az asztrorészecskefizikai kutatásokat Európában koordináló tudományos konzorcium. Nem finanszíroz.