

Cosmología, hacia un cambio de paradigma

Traducción y comentarios: Francisco Báez Baquet
(lacuentadelpaco@hotmail.com)

Introducción

La publicación simultánea en un mismo número (el 1234, de julio de 2020), de la prestigiosa revista de divulgación científica «**SCIENCE & VIE**», de hasta un total de cuatro colaboraciones sobre un mismo tema -el universo, su expansión, su isotropía o anisotropía), viene a poner de manifiesto el actual gozoso nerviosismo, propio de un niño que va a estrenar relucientes zapatos nuevos, por parte de astrónomos, cosmólogos, filósofos, y simples atentos seguidores de las más importantes novedades científicas que van surgiendo sucesivamente, y que viene a poner de manifiesto el agitado ambiente actualmente existente, de premonición de un radical **CAMBIO DE PARADIGMA** en las Ciencias del Cosmos, que cada vez se vislumbra como firme candidato al respaldo que supone su consagración académica, con generalizado consenso mayoritario.

Ofrecemos seguidamente nuestra traducción de esas cuatro colaboraciones, seguidas de un comentario final nuestro, acerca de las consecuencias filosóficas, ideológicas, y teológicas, que la toma en consideración de todos estos indicios -o certezas, en su respectivo caso-, nos suministra la publicación simultánea de tales novedades, nos deparan.

(1) - Habría una extraña alineación en el universo

¡El universo evolucionaría a lo largo de un eje, y sería "el eje del mal", según los propios astrónomos!

"Este 'mal' representa leyes físicas desconocidas que podrían haber engendrado el universo, de lo contrario podrían haber engendrado el universo de otra manera que no sea de acuerdo con el 'buen viejo' modelo del big bang", descifra la cosmóloga Larissa Santos, profesora de la universidad de Yangzhou (China).

En cuanto a este eje, se descubrió en 1992 en las primeras mediciones del fondo cósmico de microondas del satélite Cobe, una radiación fósil emitida en todas las direcciones hace 380,000 años justo después del *big bang*, cuando el universo joven, menos denso, lanzó la luz hasta que quedó atrapada por interacciones con la materia.

Un vestigio luminoso de los primeros días del cosmos aún perceptible en el cielo, en el campo de microondas.

Después de Cobe, fue el turno de WPAP, entre 2001 y 2010, luego de Planck, en 2013, para proporcionar el mapa más preciso hasta la fecha.

"El nuevo análisis de todos estos datos confirma una orientación preferencial de esta radiación fósil", promete Larissa Santos.

A la vista, sin embargo, es difícil visualizar este eje.

Es necesario manejar el arte de la descomposición espectral para que aparezca el "mal".

Como es posible descomponer un sonido percibido en una serie de armónicos, los astrónomos han descompuesto el fondo cósmico de microondas en una serie de fluctuaciones primordiales: *"Cada uno de estos componentes revela una distorsión de la señal en el espacio a más y más escalas en fin "*, describe ella.

Si el fondo cósmico de microondas es homogéneo en todas las direcciones, como supone la teoría, entonces todos estos componentes deben ser nulos.

"Ahora ese no es el caso", dice ella, "y los primeros cinco componentes apuntan en la misma dirección".

No hay nada misterioso en lo primero: *"Es un artefacto de mediciones relacionadas con el hecho de que observamos el fondo cósmico de microondas desde la Tierra", subraya.*

Esta dirección corresponde al eje combinado de rotación de la Tierra alrededor del Sol, moviéndose dentro de la Galaxia, moviéndose en relación con otras galaxias... "

Pero curiosamente, los siguientes cuatro componentes también están alineados en la misma dirección: *"Una parte de la comunidad científica cree que también es un artefacto", dice la investigadora, pero esta explicación no convence a todos."*

Al leer en esta anomalía estadística el posible signo de una nueva física, otros científicos ven en ella la necesidad de repensar la geometría del universo, otros para modificar la relatividad general de Einstein, otros aún evocan una influencia insospechada de la energía oscura, que aceleraría la expansión del cosmos.

"Por el momento, ninguna explicación triunfa sobre ninguna otra", comenta Larissa Santos.

A la espera de nuevas mediciones aún más precisas, del fondo cósmico de microondas, el "eje del mal" seguramente seguirá llamando la atención.

J.B.V.

---0000000---

(2) - El universo sería una esfera

La tensión había estado aumentando durante años. A finales de 2019, estalló la crisis: el universo podría no ser plano e infinito... ¡sino redondo y finito! *"Los datos del telescopio espacial Planck parecen estar fundamentalmente en desacuerdo con todos los demás. Esto lleva a una verdadera crisis en cosmología"*, dijo Eleonora Di Valentino, miembro del trío de cosmólogos experimentados que arrojaron este fundamento al vacío cósmico.

Por lo tanto, el universo sería una esfera, o más bien una hiperesfera: no una superficie 2D curvada en un espacio 3D, sino una superficie 3D curvada en un espacio 4D.

Además, no estoy seguro de que exista un exterior en esta superficie tridimensional en la que evolucionamos; nuestras teorías solo describen el universo desde adentro. ¿Difícil de imaginar? Esto no cambiaría nada, localmente, en comparación con un universo plano.

Excepto que a gran escala, un objeto que avanza en línea recta cruzaría su punto de partida, como cuando se camina sobre la superficie de la Tierra.

La hipótesis de la esfera se basa en la "foto" ultraprecisa, producida por Plank entre 2009 y 2013, del famoso fondo cósmico de microondas, la radiación de luz generada después del big bang todavía bañando todo el volumen cósmico.

Según los tres investigadores, los últimos análisis en julio de 2018 indican que el universo tiene "una curvatura positiva del 4%, la cifra que indica la tasa de curvatura local en comparación con un espacio plano; el radio de este universo aún no se ha determinado.

De hecho, la fotografía revela muchas lentes gravitacionales, un fenómeno óptico similar al de las lentes de vidrio, creado por las grandes densidades de masa que retuercen la trama del espacio-tiempo, que sirve como guía para la luz.

Estas desviaciones son un indicador de la densidad de la materia en el universo. La teoría de la relatividad requiere que más allá de 5.6 átomos por metro cúbico, su tejido se tuerza en una esfera.

Sin embargo, al analizar la foto, los tres cosmólogos calcularon una densidad de 6 átomos de hidrógeno por metro cúbico...

Sin embargo, la mayoría de los especialistas no quieren creer en este universo esférico, recordando las mediciones de otros telescopios, que no indican curvatura.

Sobre todo, derribaría una sección completa del modelo actual, en particular la hipótesis de la inflación, que predice que las distancias en el universo han aumentado extraordinariamente, justo después del Big Bang.

Los tres investigadores no se mueven: la brecha con otras observaciones y con el modelo de universo plano es demasiado grande para ser un artefacto estadístico. Se necesitarán nuevas medidas, para decidir.

R.I.

---oooOooo---

(3) - La luz se habría propagado más rápido al comienzo del universo

La velocidad de la luz es una constante fundamental en física y vale 299,792,458 m / s.

¡Pero no hay razón para que siempre haya tenido el mismo valor!

Basándose en un nuevo modelo de evolución del universo, Joao Magueijo, del Imperial College of London, considera que ha sido más grande en el pasado.

Una idea que tendría el mérito de resolver un viejo enigma: cuando medimos la temperatura del universo, encontramos -270.42° C en todas partes, mientras que ningún mecanismo simple explica tal homogeneidad.

De ahí la invención de la inflación, una fase brutal de la expansión del universo una fracción de segundo después del *big bang*, que no fue confirmado por observación, dejando a muchos especialistas hambrientos.

Sin embargo, una luz que circula más rápido podría haber desempeñado este papel... aparte de algunas fluctuaciones debido a las faltas de homogeneidad en la materia de la que nacerán las primeras galaxias.

Pequeños grumos que permitirían justamente probar esta teoría.

"A diferencia de otros, nuestro modelo proporciona un valor muy preciso de estas fluctuaciones", indica el investigador.

Y por ahora, las mediciones realizadas por telescopios espaciales como Plank están muy de acuerdo con nuestras predicciones".

Pero también con otros modelos concurrentes.

Será necesario ganar en precisión, para tener la última palabra de la historia.

Y saber si la más sagrada de las constantes de la física resulta, al final, variable.

S.F.

---oooOooo---

(4) - Nosotros viviríamos en medio del vacío más grande del universo

¿Qué pasaría si, después de todo, nosotros ocuparíamos un lugar especial en el cosmos?

En los últimos años, las lecturas de distancia que cubren miles de galaxias tienden a mostrar que la Vía Láctea incursionaría en medio de una región gigantesca donde la densidad de las galaxias es 60 a 70% más baja que el promedio.

Es cierto que desde la década de 1980 hemos sabido que el cosmos no es homogéneo, sino que está estructurado como un queso de Gruyere.

Bajo el efecto de la gravedad, las galaxias se agrupan preferentemente en cúmulos y filamentos, separadas por inmensas burbujas llenas de un vacío relativo, donde las galaxias son cada vez más raras.

Sí, pero estos vacíos generalmente tienen entre 90 millones y 450 millones de años luz de diámetro.

Ahora, en aquel en el que estaríamos alcanzando mil millones de años luz... ¡Por lo tanto, **estaríamos en medio del mayor vacío en el universo observable!**

Esto va en contra del principio sacrosanto de Copérnico, que estipula que no hay un lugar privilegiado en el universo.

¿Qué responder a los desacuerdos acumulados en los últimos diez años sobre la tasa de expansión del universo en función de las distancias?

"Los estudios muestran que la existencia del vacío no podría en ningún caso explicar por sí sola esta diferencia reciente en la medida de la expansión", enfatizó Amy Barger (Universidad de Wisconsin-Madison), una de las investigadoras que detectó las primeras pistas de su presencia en 2013.

Por el momento, esperamos los resultados de las próximas lecturas de supernova, que confirmarán, o no, la existencia del vacío, y medirán las dimensiones precisas".

---oooOooo---

Con la publicación simultánea de esas cuatro colaboraciones, en un mismo número de «**Science & Vie**», venía a "llover sobre mojado".

En efecto, tendremos que, en primer lugar, en el ejemplar del mes de Mayo de 2020, de la revista "**Investigación y Ciencia**" (la versión española del famoso *magazine* norteamericano "**Scientific American**"), era noticia de portada una información, a la que correspondía este titular: "**UNA CRISIS CÓSMICA - Las discrepancias en las medidas de la velocidad de expansión del universo, abren el debate sobre una nueva física**".

En su página número 21, daba comienzo el artículo de **Richard Panek**, con los siguientes título y subtítulo: "**LA CRISIS EN TORNO A LA CONSTANTE DE HUBBLE - Dos mediciones discrepan sobre la velocidad a la que se expande el universo y no es posible que ambas sean correctas. Algo falla, pero ¿qué?**".

En el resumen que precede a cada uno de los artículos de la revista, en el de esta ocasión exhibía el siguiente texto: "**Los astrónomos** han calculado en repetidas ocasiones el ritmo actual de expansión del universo (la constante de Hubble) por medio de dos técnicas diferentes. Estas mediciones han generado un conflicto aparentemente irresoluble.

Uno de los métodos se basa en medir supernovas y estrellas en el universo reciente, y el otro emplea la luz emitida poco después de la gran explosión. Ambos arrojan **valores discrepantes para la constante de Hubble**.

La discrepancia quizá se deba a problemas experimentales, aunque nadie está seguro de cuáles podían ser. Otra posibilidad es que el conflicto apunte a la existencia de fenómenos desconocidos, es decir, de nueva física."

Al mes siguiente, en junio de 2020, la revista «**ASTRONOMÍA**» publicaba una información, titulada "**Expansión no uniforme**", con el siguiente texto: "Durante décadas se ha asumido que la expansión del universo ocurre a la misma velocidad en todas las direcciones.

Un nuevo estudio a partir de datos de telescopios de rayos X sugiere que esta «hipótesis isotrópica» no es correcta. La hipótesis se sustenta en observaciones como la existencia del fondo de microondas, el remanente del Big Bang bastante uniforme excepto anisotropías locales.

Al observar ochocientos cúmulos galácticos, los investigadores encontraron diferencias muy significativas, cuando según esa hipótesis deberían tener propiedades uniformes.

Así, cúmulos con la misma temperatura y localizados a la misma distancia deberían brillar de forma similar.

Sin embargo, en una dirección del cielo se observan menos brillantes de lo esperado y en otra dirección lo son más.

Estas diferencias son de hasta un 30 %, no se distribuyen de forma aleatoria y parecen seguir un patrón que depende de la dirección de observación.

La explicación podría ser, que el universo no se expande por igual en todas las direcciones, además de implicaciones sobre la naturaleza de la **energía oscura**.

Seguro que el futuro telescopio espacial de la ESA, Euclid, diseñado para fotografiar miles de millones de galaxias, ayudará a resolver este misterio."

En el ejemplar correspondiente al mes de junio de 2020, de la revista «**Science & Vie**», un mes antes, por tanto, de la edición en la que se incluyeron las susodichas cuatro colaboraciones sobre cuestiones de índole cosmológica, ya se había insertado el artículo de **Benoît Rey**, titulado: "Al asalto de la red cósmica", y que incluía la siguiente Introducción:

"Este "lienzo cósmico" es un retrato del universo a la mayor escala posible. ¡Un desafío!

Y, sin embargo, esto es solo el comienzo... Gracias a 5 nuevos telescopios, los cosmólogos se están preparando para cartografiar con finura sin precedentes materia oscura, galaxias, gases y vacíos cósmicos.

Con un objetivo final en mente, **Benoît Rey** reitera: desentrañar el misterio de la expansión acelerada del universo.

En el texto del artículo, se reseñan los últimos lanzamientos de los nuevos telescopios espaciales, o pendiente de hacerlo: el de **DESI**, lanzado en julio de 2020, el del **LSST** y el del **EUCLID**, que serán lanzados en el año 2022, el del **WFIRST**, que lo será en el 2025, y finalmente, el del **MOSAIC**, que lo será en el 2027.

En el artículo, además, se incluyen los siguientes subtítulos:

- AL ASALTO DE LAS ESTRELLAS - 35 millones de galaxias serán precisamente localizadas

- AL ASALTO DE LA MATERIA OSCURA - 12 mil millones de galaxias van a aclararnos la trama del universo

- AL ASALTO DEL GAS - 2,4 millones de cuásares revelarán la presencia de filamentos cósmicos

- AL ASALTO DE LOS VACÍOS - 100.000 burbujas oscuras van a ser cartografiadas

NUESTROS COMENTARIOS FINALES

Como ya ha sido dicho y publicado por mi parte anteriormente:

"Del simple examen directo de la imagen que ilustra una de las publicaciones divulgativas por mí mencionadas, se deduce ya, con meridiana claridad, cuál es la situación. «Tranquilos» (intelectualmente, tranquilos): el fondo de microondas sigue mostrándose ante las más recientes observaciones, como perfectamente simétrico - simetría de rotación-, salvo las consabidas pequeñas perturbaciones localizadas -las convencionalmente llamadas «arrugas»-.

Entonces, lo que ese examen directo de la imagen publicada nos permite ya deducir, es que lo que se moviliza, a una escala gigantesca -incluso en términos astronómicos o cosmológicos-, es nuestro propio punto de observación, nuestro planeta, La Tierra, y por consiguiente nuestro Sistema Solar, nuestra galaxia, La Vía Láctea, y nuestro grupo local de galaxias, pero todo ello, a una escala, que deja en pañales al antecesor «Gran Atractor», que ahora se evidencia que quizás fue prematuro asignarle ese trofeo de grandiosidad, y que ahora se evidencia que, con mucha mayor justicia, debiera de corresponderle, hasta más ver, a la gigantesca anomalía de desplazamiento anisótropo, que ahora se ha podido observar, con los medios actualmente disponibles, y de los que se carecía en un pasado bien reciente.

Una excelente descripción del concepto astronómico «Gran Atractor», está al alcance de todos, mediante un recurso de consulta, tan básico, como es la búsqueda en la «Wikipedia», indagando por dicho término. Recomiendo a los lectores no prescindir de hacer efectiva esa posibilidad de fácil consulta.

En la defensa de la noción preconcebida de la isotropía cósmica, «el truco» -hacerse trampas a sí mismo, en el juego del solitario- ha ido consistiendo, en re-dimensionar la escala de los recuentos estadísticos, con mallas de trama cada vez más abierta, de forma *ad hoc*, adecuándose a los requerimientos precisados.

Ese «truco» ya no puede valer, porque la perturbación detectada -ese gigantesco desplazamiento intracósmico, roza ya las dimensiones del propio universo detectable -el fondo de microondas- del que constituye tan apreciable proporción.

¡Se fastidió la isotropía cósmica, para siempre! ¡Se acabó esa «tranquilidad» intelectual!

Al propio tiempo, las últimas mediciones de la constante de Hubble, el parámetro representativo de la velocidad de expansión del universo, estaban arrojando valores discrepantes entre sí.

Es posible que la explicación sea la que yo he apuntado, pero... ¿y si no es así?

El modelo de Lemaître, de beatífica concordancia entre el relato bíblico de la Creación, y la universal expansión cósmica, deducible de su interpretación de las evidencias

empíricas proporcionadas por los resultados de la observación astronómica, ha quedado resquebrajado, si no es que incluso ya roto para siempre.

Cabe la posibilidad, pienso yo, que esas anomalías bien pudieran obedecer, simplemente, a que las mediciones se efectuaran, apuntando hacia diversas direcciones de la aparente bóveda celeste.

La imagen incluida en la Nota de «**ASTRONOMÍA**» (que es real, y que no se trata de ninguna "recreación artística"), viene a coincidir EXACTAMENTE con otra DISTINTA, pese a corresponder a un tipo de observaciones astronómicas, totalmente diferente.

Sigo sosteniendo que no cabe otra interpretación (y eso se puede apreciar, de un solo vistazo, y desde el principio), que ésta, que es la única coherente con las regularidades advertidas:

a) - Sobre el fondo, de una universal expansión, perfectamente isótropa (remanente del Big Bang, el fondo de microondas), excepto mínimas irregularidades muy localizadas (las llamadas "arrugas", por cosmólogos, astrónomos, y divulgadores), lo que se observa, con absoluta coherencia, es una anisotropía que no es al azar, sino con un eje con dos polos diametralmente opuestos, que no cabe interpretar más que como un desplazamiento, interno a ese fondo general fijo, con un polo de aproximación, y otro, en el otro extremo, de alejamiento, y entre los que las frecuencias de la radiación que suministra la imagen, se comporta con arreglo al consabido **EFEECTO DOPPLER**: fuga hacia el infrarrojo, para el alejamiento, y fuga hacia el ultravioleta, para la aproximación, diametralmente opuestas, en un único eje de deslizamiento. No es una "irregularidad aleatoria", como viene a insinuar la revista.

b) - Todo eso no puede interpretarse más que como un gigantesco deslizamiento real, desde dentro de ese marco general fijo, de nuestro propio lugar de observación, es decir, el planeta Tierra, por tanto nuestra galaxia, la Vía Láctea, y por tanto nuestro propio grupo local de galaxias... por lo menos, y a velocidades muy de vértigo, así vendría a manifestarse este nuevo "Gran Atractor", a mucho mejor título que al que en su momento se le vino a asignar ese apelativo.

Así que, como ya he dejado dicho anteriormente, de anisotropía cósmica, nada de nada, pero tampoco resulta una coherencia sosegada, con la beatífica cosmovisión del modelo del abate Lemaître, de confirmación científica del *Fiat lux* bíblico.

Como se puede apreciar, en lo substancial nada ha venido a cambiar, salvo en lo relativo a la eventual contribución de las futuras observaciones astronómicas anunciadas, cuyos datos todavía están por ver, con lo que la pelota sigue en el tejado.

El autor de la presente recopilación y traducción de tales cuatro colaboraciones publicadas en un mismo número de la revista «**Science & Vie**», ha incluido aquí su dirección de correo electrónico, quedando a disposición de los lectores, para cualquier comentario, crítica o consulta, que se le quiera formular. Ello sería un motivo de satisfacción, por su parte.

NOTA SOBRE LA BIBLIOGRAFÍA: En la selección de la bibliografía aportada, nos hemos atendido a dos criterios restrictivos:

- Excluir a todos aquellos textos cuyo contenido resultó ser de un carácter predominantemente especulativo.
- Excluir también, a aquellos otros trabajos, que abordan meramente aspectos parciales y limitados, respecto del tema general de las anisotropías observadas, y referidas a todo el universo.
- Al propio tiempo, sin pretender alcanzar la exhaustividad, pero procurando incluir a aquellos artículos y tesis, que versan sobre los recursos observacionales o programas de investigación cosmológica, de mayor impacto o de importante y próxima operatividad anunciada (DESI, LSST, EUCLID, WFIRST, MOSAIC, etc.).

BIBLIOGRAFÍA

Andreas Albrecht & Joao Magueijo

A time varying speed of light as a solution to cosmological puzzles

arXiv: astro-ph/9811018v2 5 Jan 1999

<https://arxiv.org/pdf/astro-ph/9811018.pdf>

Luca Amendola et al.

Cosmology and fundamental physics with the Euclid satellite

Living Rev Relativ (2018) 21:2 <https://doi.org/10.1007/s41114-017-0010-3>

<http://dro.dur.ac.uk/24889/1/24889.pdf>

Sofía Carvalho & Spyros Basilakos

Angular distribution of cosmological parameters as a probe of inhomogeneities: a kinematic parametrisation C

A&A 592, A152 (2016) DOI: 10.1051/0004-6361/201628572c©ESO 2016

Astronomy & Astrophysics

<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2016/08/aa28572-16.pdf>

Alexandre Ciulli

Cosmologie et supernovas Ia: influence des vitesses propres et recherche d'anisotropies avec LSST

HAL archives-ouvertes.fr

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02130462/document>

Eleonora Di Valentino

Crack in the cosmological paradigm

arXiv: 1709.040v1 (physics.pop-ph) 12 Sep 2017

<https://arxiv.org/pdf/1709.04046.pdf>

Eleonora Di Valentino, Carlo Gustavino, Julien Lesgourgues, Gianpiero Mangano, Alessandro Melchiorri, Gennaro Miele & Ofelia Pisanti
Probing nuclear rates with Planck and BICEP2
CERN-PH-TH/2014-071, LAPTH-027/1
arXiv: 1404.7848v1 (astro-ph.CO) 30 Apr 2014
<https://arxiv.org/pdf/1404.7848.pdf>

Eleonora Di Valentino, Eric V. Linder & Alessandro Melchiorri
A Vacuum Phase Transition Solves H₀ Tension
arXiv: 1710.02153v1 (astro-ph.CO) 5 Oct 2017
<https://arxiv.org/pdf/1710.02153.pdf>

Eleonora Di Valentino, Alessandro Melchiorri, Eric V. Linder & Joseph Silk
Constraining Dark Energy Dynamics in Extended Parameter Space
arXiv: 1704.00762v1 (astro-ph.CO) 3 Apr 2017
<https://arxiv.org/pdf/1704.00762.pdf>

Eleonora Di Valentino, Alessandro Melchiorri & Olga Mena
Can interacting dark energy solve the H₀ tension?
arXiv: 1704.08342v1 (astro-ph.CO) 26 Apr 2017
<https://arxiv.org/pdf/1704.08342.pdf>

Eleonora Di Valentino, Alessandro Melchiorri & Joseph Silk
Reconciling Planck with the local value of H₀ in extended parameter space
arXiv: 1606.00634v1 (astro-ph.CO) 2 Jun 2016
https://www.researchgate.net/profile/Eleonora_Di_Valentino/publication/303756098_Reconciling_Planck_with_the_local_value_of_H_0_in_extended_parameter_space/links/57a907ed08aef20758cd1007.pdf

Eleonora Di Valentino, Alessandro Melchiorri & Joseph Silk
Cosmological Hints of Modified Gravity?
arXiv: 1509.07501v2 (astr-ph.CO) 24 Dec 2015
<https://arxiv.org/pdf/1509.07501.pdf>

Agnes Ferte, Donnacha Kirk, Andrew R. Liddle & Joe Zuntz
Testing gravity on cosmological scales with cosmic shear, cosmic microwave background anisotropies, and redshift-space distortions
arXiv: 1712.01846v3 (astro-ph.CO) 26 Apr 2019
<https://arxiv.org/pdf/1712.01846.pdf>

Pierre Fleury
Light propagation in inhomogeneous and anisotropic cosmologies
THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE
arXiv: 1511.92702v1 (gr-qc) 10 Nov 2015
<https://arxiv.org/pdf/1511.03702.pdf>

J. Green et al.

Wide-Field InfraRed Survey Telescope WFIRST - Final Report

<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1208/1208.4012.pdf>

Daniel Grin, Olivier Doré & Marc Kamionkowski

Compensated Isocurvature Perturbations and the Cosmic Microwave Background

arXiv: 1107.5047v2 (astro-ph.CO) 6 Jan 2012

<https://arxiv.org/pdf/1107.5047.pdf>

Behnam Javanmardi1 & Pavel Kroupa

Anisotropy in the all-sky distribution of galaxy morphological types

Astronomy & Astrophysics A&A 597, A120 (2017)DOI: 10.1051/0004-6361/201629408c©ESO 2017

<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2017/01/aa29408-16.pdf>

Tomi S. Koivisto, David F. Mota, Miguel Quartin & Tom G. Zlosnik

On the Possibility of Anisotropic Curvature in Cosmology

arXiv: 1006.3321v2 (astro-ph.CO) 22 Nov 2010

<https://arxiv.org/pdf/1006.3321.pdf>

Stanislav Konstantinov

Anisotropy of the late Universe

JOURNAL OF ADVANCES IN SOCIAL SCIENCE AND HUMANITIES

JASSH 6 (3), 1148–1153 (2020) ISSN (O) 2395-6542

<http://jassh.info/index.php/jassh/article/download/479/432>

Kate Land & Joao Magueijo

The axis of evil

arXiv: astro-ph/0502237v2 22 Feb 2005

<https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0502237.pdf>

Kate Land & Joao Magueijo

The Axis of Evil revisited

Mon. Not. R. Astron. Soc.000, 1–6 (2006) Printed 17 November 2006(MN LATEX style file v2.2)

<https://core.ac.uk/reader/44157058>

Hayley J. Macpherson

Inhomogeneous cosmology in an anisotropic Universe

arXiv: 1910.13380v1 (astro-ph.CO) 29 Oct 2019

<https://arxiv.org/pdf/1910.13380.pdf>

Joao Magueijo

New varying speed of light theories

arXiv: astro-ph/0305457v3 15 Oct 2003

<https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0305457&a=bi&pagenumber=1&w=100.pdf>

Joao Magueijo

NEW NON-GAUSSIAN FEATURE IN COBE-DMR 4 YEAR MAPS

The American Astronomical Society.
L57 The Astrophysical Journal, 528:L57–L60, 2000 January 10q2000.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1086/312431/pdf>

Joao Magueijo & Rafael D. Sorkin
Occam's razor meets WMAP
CERN Document Server
arXiv: astro-ph/0604410v1 19 Apr 2006
<https://core.ac.uk/reader/44107126>

K. Migkas & M. Plionis
TESTING THE ISOTROPY OF THE HUBBLE EXPANSION
(incluye «Resumen» en español)
Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica, 52, 133–141 (2016)
https://www.researchgate.net/profile/Konstantinos_Migkas/publication/295079098_Testing_the_isotropy_of_the_Hubble_expansion/links/5a9a906eaca2721e3f2e8b62/Testing-the-isotropy-of-the-Hubble-expansion.pdf

Konstantinos Migkas & Thomas H. Reiprich
Anisotropy of the galaxy cluster X-ray luminosity–temperature relation
Astronomy & Astrophysics A&A 611, A50 (2018) <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201731222> ESO 2018
<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2018/03/aa31222-17.pdf>

K. Migkas, G. Schellenberger, T. H. Reiprich¹, F. Pacaud¹, M. E. Ramos-Ceja & L. Lovisari
Probing cosmic isotropy with a new X-ray galaxy cluster sample through the LX–T scaling relation
A&A 636, A15 (2020) <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201936602>
<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2020/04/aa36602-19.pdf>

James H. C. Scargill
An anisotropic universe due to dimension-changing vacuum decay
arXiv: 1506.07100v2 (astro-ph.CO) 25 Aug 2015
<https://arxiv.org/pdf/1506.07100.pdf>

Tim Sprenger, Maria Archidiacono, Thejs Brinckmann, Sebastien Clesse & Julien Lesgourgues
Cosmology in the era of Euclid and the Square Kilometre Array
arXiv: 1801.0833v3 (astro-ph.CO) 5 Feb 2019
<https://arxiv.org/pdf/1801.08331.pdf>

Benjamin D. Wandelt, Eric Hivon, Krzysztof M. Górski
Cosmic microwave background anisotropy power spectrum statistics for high precision cosmology
arXiv: astro-ph/9808292v1 25 Aug 1998
<https://arxiv.org/pdf/astro-ph/9808292.pdf>

Wen Zhao & Larissa Santos
Preferred axis in cosmology
arXiv: 1604.05484v3 (astro-phCO) 5 May 2016
<https://arxiv.org/pdf/1604.05484.pdf>