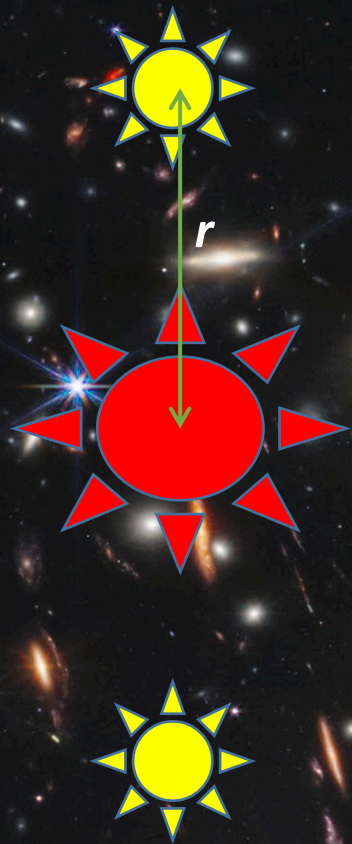




Gravitomagnetism vs. Dark Matter, in conjunction with GAIA & Euclid data

Pavol Valko, Bezovec 2023

Simple example of Virial Theorem for gravitationally coupled system



$$\left(\frac{1}{T_{obs}} \int_0^{T_{obs}} \sum E_{kin} dt \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{1}{T_{obs}} \int_0^{T_{obs}} \sum E_{pot} dt \right)$$

dynamics requires $G \frac{m m}{(2r)^2} = \frac{mv^2}{r}$

$$\sum E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} mv^2 = G \frac{m^2}{4r}$$

$$E_{kin} \square \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2$$

$$E_{pot} \square - \sum G \frac{m_i m_j}{r_{ij}}$$

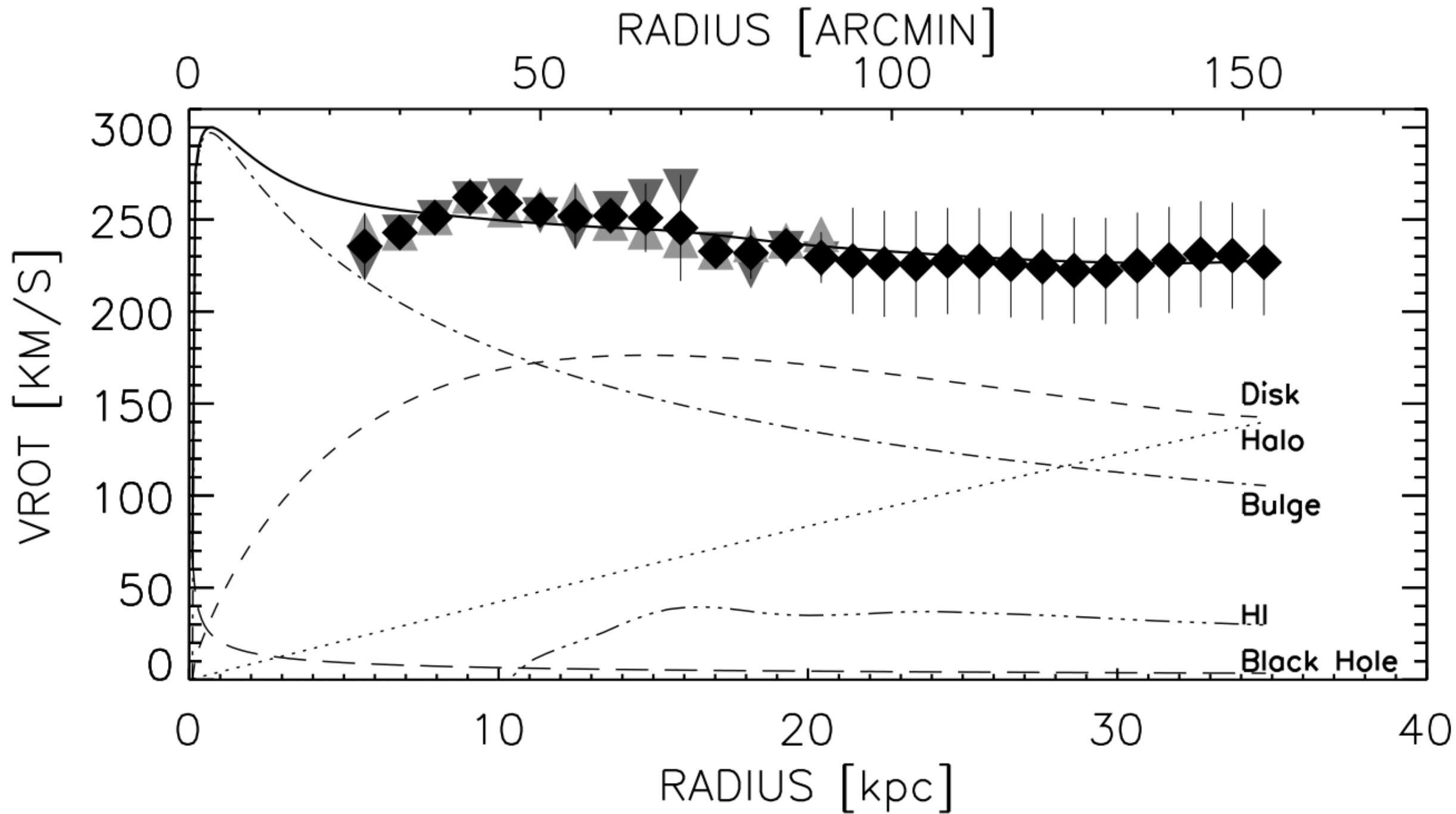
(one star with mass m moved to ∞)

$$\sum E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} mv^2 = G \frac{m^2}{4r}$$

some mass (potential energy) is missing

$$\sum E_{pot} = m \left(-G \frac{m}{2r} - G \frac{M}{r} \right) + m \left(-G \frac{M}{r} \right) = -mG \left(\frac{m+4M}{2r} \right)$$

within the system to satisfy virial theorem



Fritz Zwicky

Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln

von F. Zwicky.

(16. II. 33.)

Inhaltsangabe. Diese Arbeit gibt eine Darstellung der wesentlichsten Merkmale extragalaktischer Nebel, sowie der Methoden, welche zur Erforschung derselben gedient haben. Insbesondere wird die sog. Rotverschiebung extragalaktischer Nebel eingehend diskutiert. Verschiedene Theorien, welche zur Erklärung dieses wichtigen Phänomens aufgestellt worden sind, werden kurz besprochen. Schliesslich wird angedeutet, inwiefern die Rotverschiebung für das Studium der durchdringenden Strahlung von Wichtigkeit zu werden verspricht.

§ 1. Einleitung.

Es ist schon seit langer Zeit bekannt, dass es im Weltraum gewisse Objekte gibt, welche, wenn mit kleinen Teleskopen beobachtet, als stark verschwommene, selbstleuchtende Flecke erscheinen. Diese Objekte besitzen verschiedenartige Strukturen. Oft sind sie kugelförmig, oft elliptisch, und viele unter ihnen haben ein spiralartiges Aussehen, weshalb man sie gelegentlich als Spiralnebel bezeichnet. Dank des enormen Auflösungsvermögens der modernen Riesenteleskope gelang es, festzustellen, dass diese Nebel ausserhalb der Grenzen unseres eigenen Milchstrassensystems liegen. Aufnahmen, die mit dem Hundert-Zoll-Teleskop auf dem Mt. Wilson gemacht worden sind, offenbaren, dass diese Nebel Sternsysteme sind, ähnlich unserem eigenen Milchstrassensystem. Die extragalaktischen Nebel sind im grossen und ganzen gleichförmig über den Himmel und, wie gezeigt werden konnte, auch gleichförmig über den Weltraum verteilt. Sie treten als einzelne Individuen auf oder gruppieren sich zu Haufen. Die folgenden Zeilen beabsichtigen einen kurzen Abriss der wichtigeren Merkmale und eine Beschreibung der Methoden, welche es möglich gemacht

§ 5. Bemerkungen zur Streuung der Geschwindigkeiten im Coma-Nebelhaufen.

Wie aus der Zusammenstellung in § 3 hervorgeht, existieren im Coma-Nebelhaufen scheinbare Geschwindigkeitsunterschiede von mindestens 1500 bis 2000 km/sek. Im Zusammenhang mit dieser enormen Streuung der Geschwindigkeiten kann man folgende Überlegungen anstellen.

1. Setzt man voraus, dass das Comasystem mechanisch einen stationären Zustand erreicht hat, so folgt aus dem Virialsatz

$$\bar{\epsilon}_k = -\frac{1}{2} \bar{\epsilon}_p, \quad (4)$$

wobei $\bar{\epsilon}_k$ und $\bar{\epsilon}_p$ mittlere kinetische und potentielle Energien, z. B. der Masseneinheit im System bedeuten. Zum Zwecke der Abschätzung nehmen wir an, dass die Materie im Haufen gleichförmig über den Raum verteilt ist. Der Haufen besitzt einen Radius R von ca. einer Million Lichtjahren (gleich 10^{24} cm) und enthält 800 individuelle Nebel von je einer Masse entsprechend 10^9 Sonnenmassen. Die Gesamtmasse M des Systems ist deshalb

$$M \sim 800 \times 10^9 \times 2 \times 10^{33} = 1.6 \times 10^{45} \text{ gr.} \quad (5)$$

Daraus folgt für die totale potentielle Energie Ω :

$$\Omega = -\frac{3}{5} \Gamma \frac{M^2}{R} \quad (6)$$

Γ = Gravitationskonstante

oder

$$\bar{\epsilon}_p = \Omega/M \sim -64 \times 10^{12} \text{ cm}^2 \text{ sek}^{-2} \quad (7)$$

und weiter

$$\bar{\epsilon}_k = \frac{1}{2} \bar{\epsilon}_p \sim -32 \times 10^{12} \text{ cm}^2 \text{ sek}^{-2} \quad (8)$$

$(\bar{v}^2)^{1/2} = 80 \text{ km/sek.}$

$$\left(\frac{DM}{LM} \right)_{CC} \square 500$$

Universe is a Dark matter arena

Three different levels of DM problem

- galaxies
 - stars motion in our galaxy
 - rotation curves of observed galaxies
- clusters of galaxies
 - observed large scale structures at the level of galaxy clusters
- cosmology
 - to fit observed anisotropy in spectrum of cosmic microwave background (CMB) radiation

Other observations

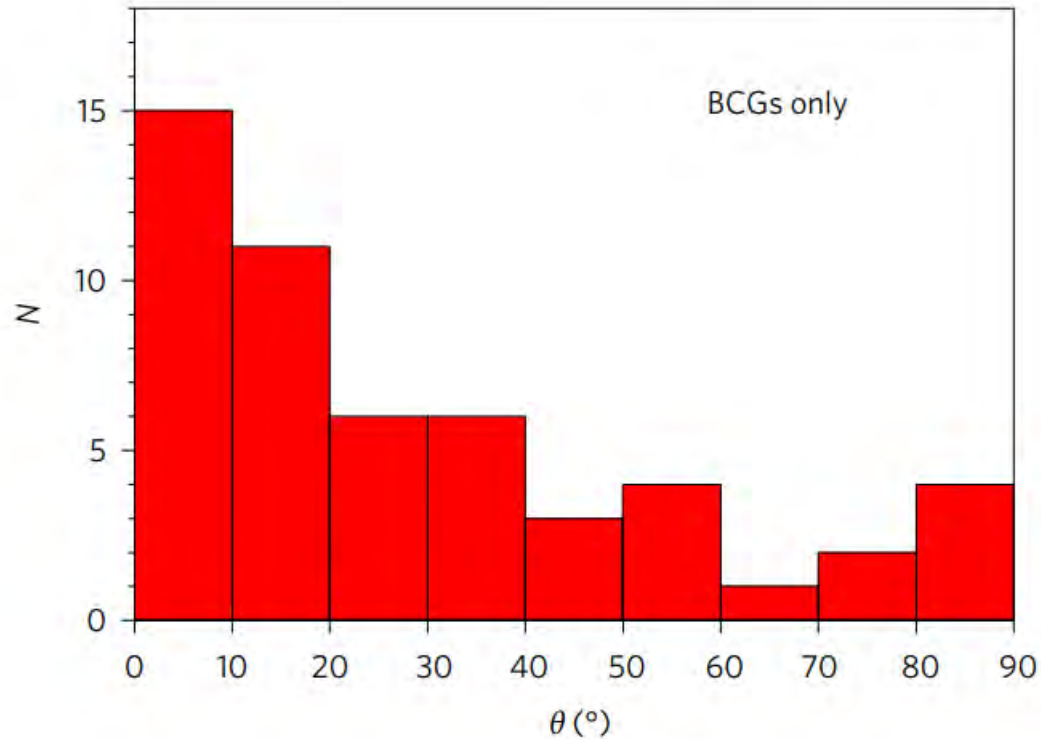
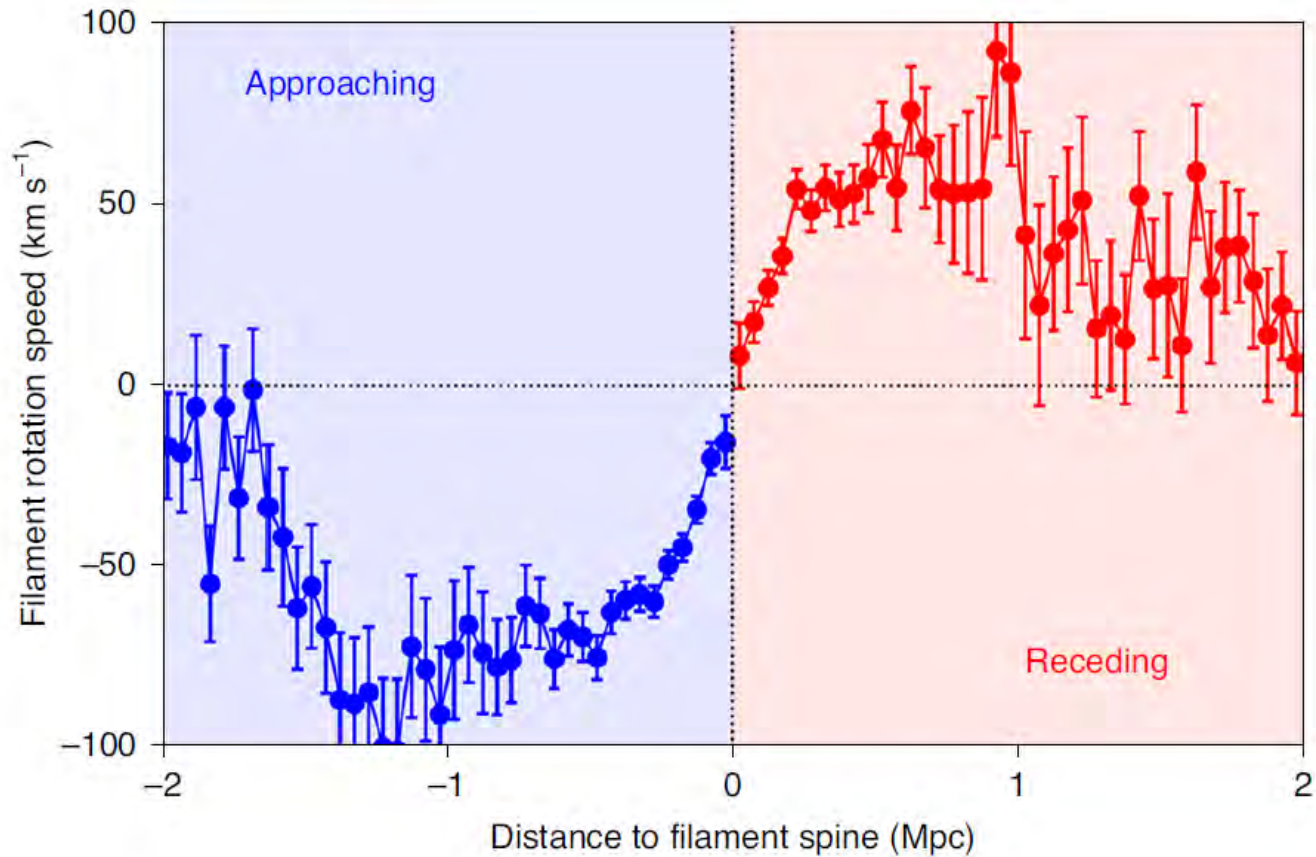


Figure 3 | Alignments of BCGs. As in Fig. 2, θ is the acute angle between the major axis of the BCG and that of the cluster in which it resides. A strong tendency for these galaxies to share the same orientation as their host cluster is seen and confirmed statistically.

NATURE ASTRONOMY 1, 0157 (2017) | DOI: 10.1038/s41550-017-0157



NATURE ASTRONOMY | VOL 5 | AUGUST 2021 | 839-845 | www.nature.com/natureastronomy

mergers, which predominantly occurred along the filaments. The spin axis of spiral galaxies is found to align with the host filament, with no correlation between spiral spin and sheet normal. When examined as a function of distance from the filament axis, a much stronger correlation is found in the outer parts, suggesting that the alignment is driven by the laminar infall of gas from sheets to filaments. When compared with numerical simulations, our results suggest that the connection between dark matter halo and galaxy spin is not straightforward. Our results provide an important input to the understanding of how galaxies acquire their angular momentum.

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 775:L42 (5pp), 2013 October 1

$$M_B \propto V_p^{(3.5 \div 4)} \quad \text{Tully – Fischer relation ?}$$

Gravitomagnetism as weak limit of GR

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \quad g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu} \quad \bar{h}_{\mu\nu} = h_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\eta_{\mu\nu}h \quad \bar{h}^{\mu\nu}{}_{,\nu} = 0$$

↓

$$\square \bar{h}_{\mu\nu} = -\frac{16\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

$$\bar{h}_{\mu\nu} = \frac{4G}{c^4} \int_V \frac{T_{\mu\nu}(ct - |\mathbf{x} - \mathbf{x}'|, \mathbf{x}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}'|} d^3x'$$

$$\Phi = G \int_V \frac{\rho(ct - |\mathbf{x} - \mathbf{x}'|, \mathbf{x}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}'|} d^3x' \quad A_i = \frac{2G}{c} \int_V \frac{j^i(ct - |\mathbf{x} - \mathbf{x}'|, \mathbf{x}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}'|} d^3x'$$

$$ds^2 = -c^2 \left(1 - 2\frac{\Phi}{c^2} \right) dt^2 - \frac{4}{c} A_i dx^i dt + \left(1 + 2\frac{\Phi}{c^2} \right) \delta_{ij} dx^i dx^j$$

$$\frac{dv^i}{dt} = -E^i - 2(\boldsymbol{\beta} \times \mathbf{B})_i$$

Even in absence of Φ gravitomagnetic field A is optically active, exhibiting anisotropic microlensing with $n \approx 1+2A$ →

$$R = \frac{c}{B_g}$$

Doterajšie aktivity

Voyage 2050 projekt

Detecting the Gravitomagnetic field of the Dark Halo of the Milky Way

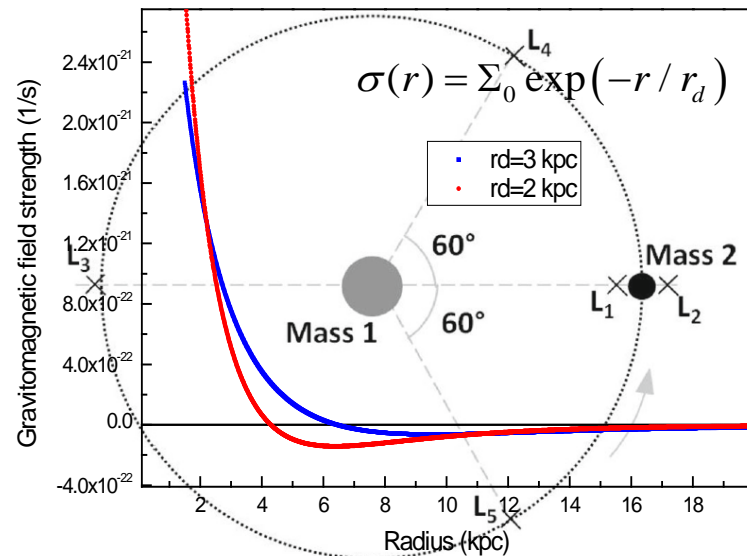
<https://www.cosmos.esa.int/web/voyage-2050/home>

Gen Relativ Gravit (2018) 50:9
<https://doi.org/10.1007/s10714-017-2332-6>

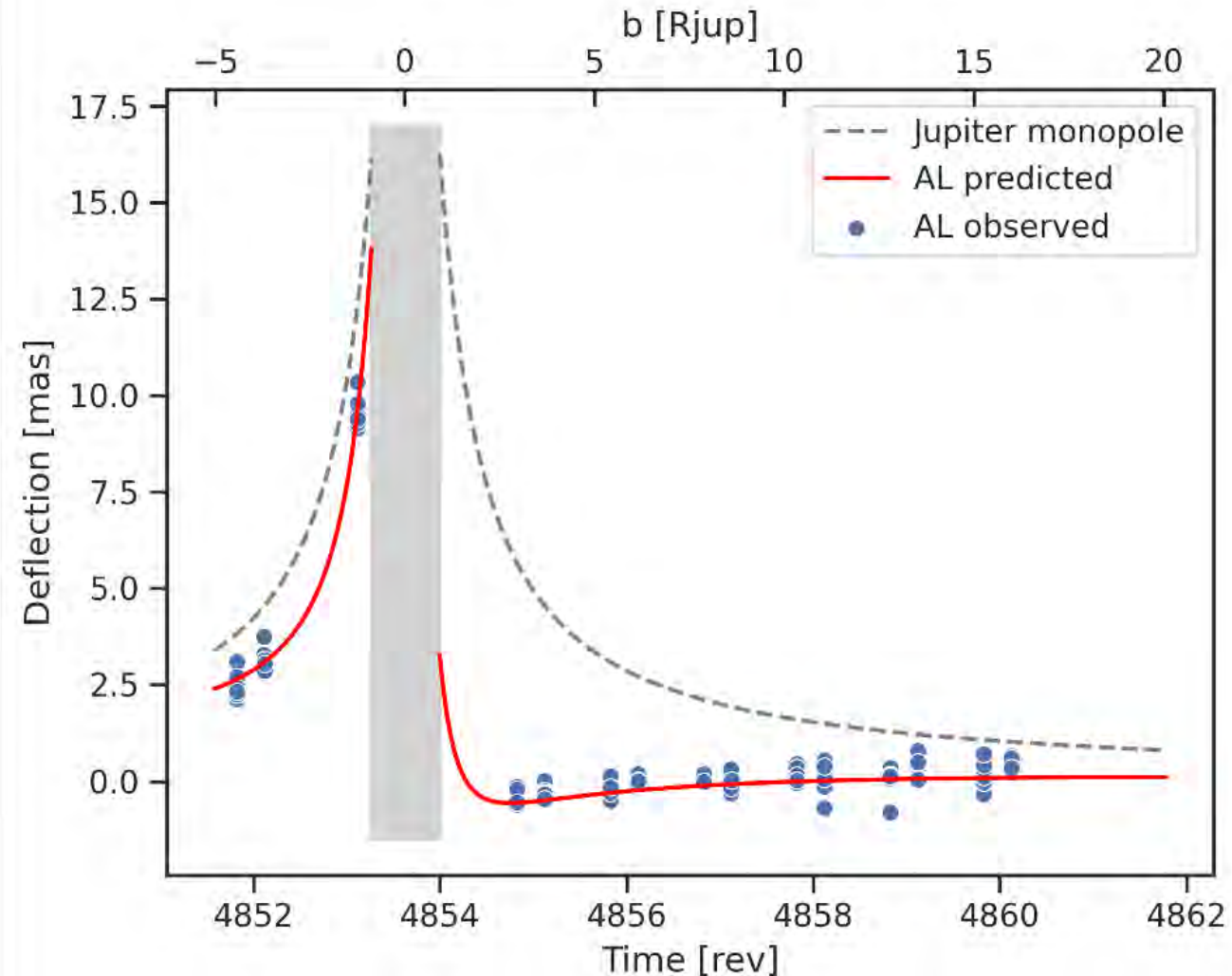
RESEARCH ARTICLE

How to use the Sun–Earth Lagrange points for fundamental physics and navigation

A. Tartaglia¹ · E. C. Lorenzini² · D. Lucchesi^{3,4} · G. Pucacco⁵ · M. L. Ruggiero⁶ · P. Valko⁷



Voyage 2050 a iné



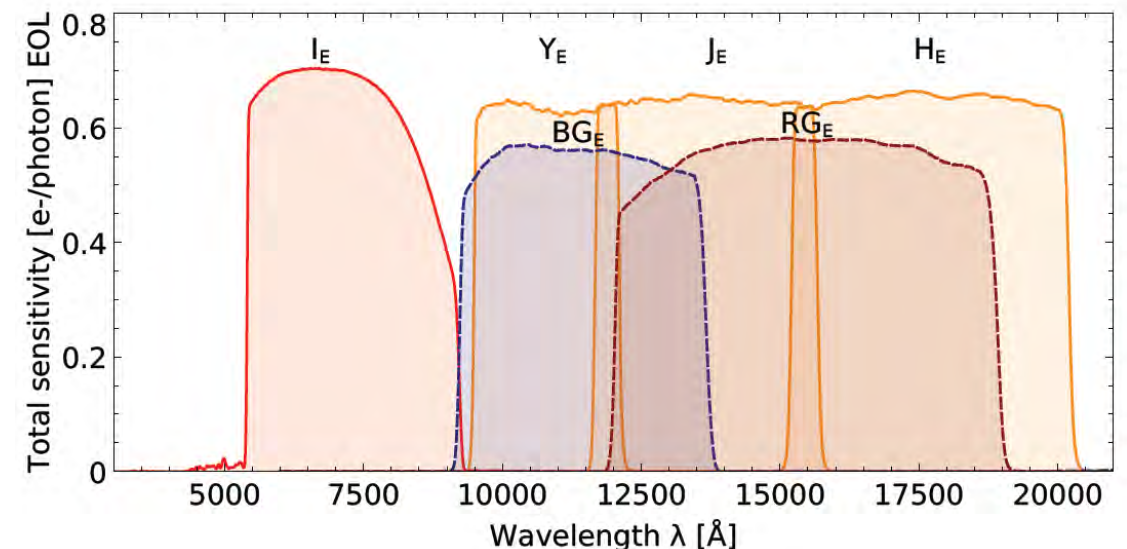
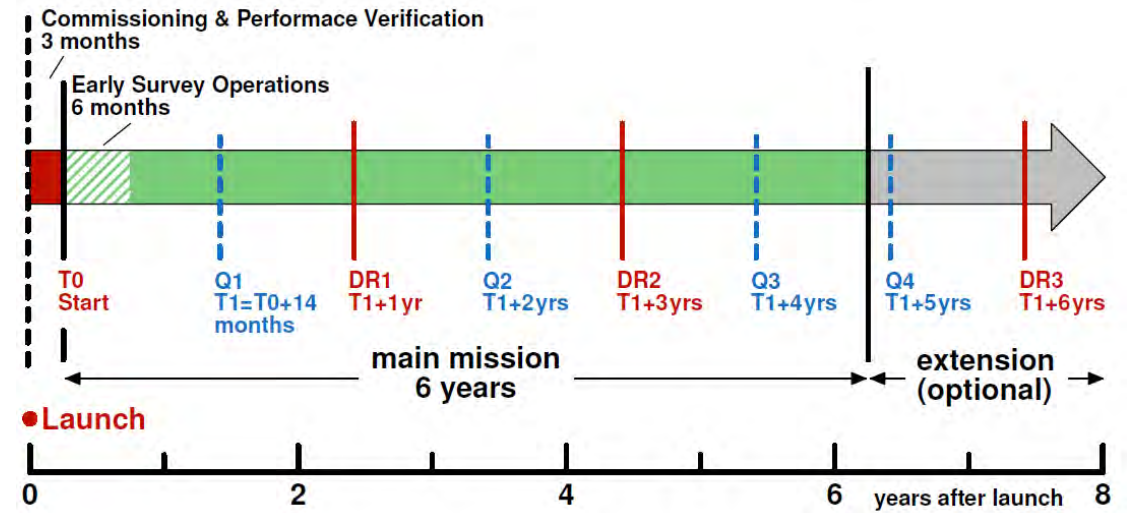
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202243972>

Future - for some of us ?

- three mirror anastigmat Korsch design telescope with silicon carbide (SiC) mirrors and truss
- 1.2 m diam. primary mirror f/24
- Lissajous orbit around L2, within +/- 0.41° of the ecliptic plane
- m_{AB} max . 26.2 in visible band I_E and 24.5 for near infrared J_E , Y_E , H_E bands

	VIS		NISP	
	X Size	Y Size	X Size	Y Size
Focal plane [mm]	302.71	336.59	155.85	164.48
Plate scale [arcsec/mm]	8.33		16.70	
FoV [deg]	0.700	0.778	0.723	0.763
Detectors [']	6.82	6.89	10.21	10.21
Detector gaps ["]	12.7	64.4	50.6	101.4/86.1
Charge injection gaps ["]	N/A	0.4	N/A	N/A

Euclide (& Nancy Grace Telescope ?)



Mission objectives

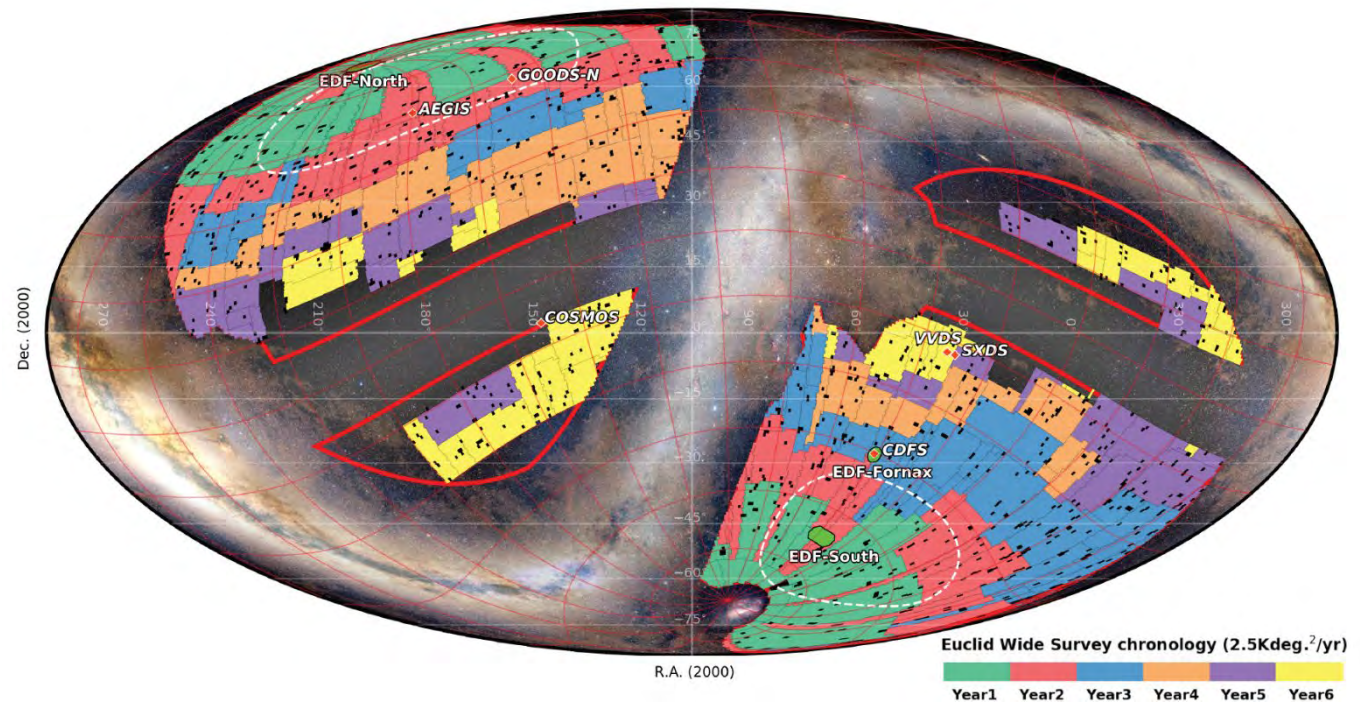
The main science objectives are:

- to measure the expansion history $H(z)$
- to detect percent variations of the dark energy equation of state
- verify the dynamics of the dark matter evolution
- verify GR vs. MOND etc.

Main survey of $15\,000\text{ deg}^2$
+ 40 deg^2 of deep survey (+2 mag)

- Two main probes:
 - the scale of BAO in the clustering pattern of galaxies
 - by measuring the spectroscopic redshifts of 50 million galaxies in the redshift range $0.7 < z < 2.1$
 - shape distortions induced by weak gravitational lensing
 - by measuring the correlations in the shapes of the 1.5 billion galaxies up to $z \approx 8$

Euclide



The exclusion zones are $\pm 25^\circ$ Galactic plane latitude to avoid stellar contamination, and $\pm 15^\circ$ Ecliptic plane latitude to avoid zodiac light contamination

What we can do ?

- speed vs. speed correlations analysis
 - for low $z \approx 0.7$ redshift dataset objects
 - with spectroscopically measured redshifts with $dz/z < 0.1\%$
 - for spatially adjoined regions potentially forming cosmic filaments
- anisotropic microlensing signatures
 - for high z objects
- ???

Euclide



- July 1st 2023 – preliminary launch date
 - Falcon 9 launcher to be used instead of originally selected Soyuz + Fregat launch system