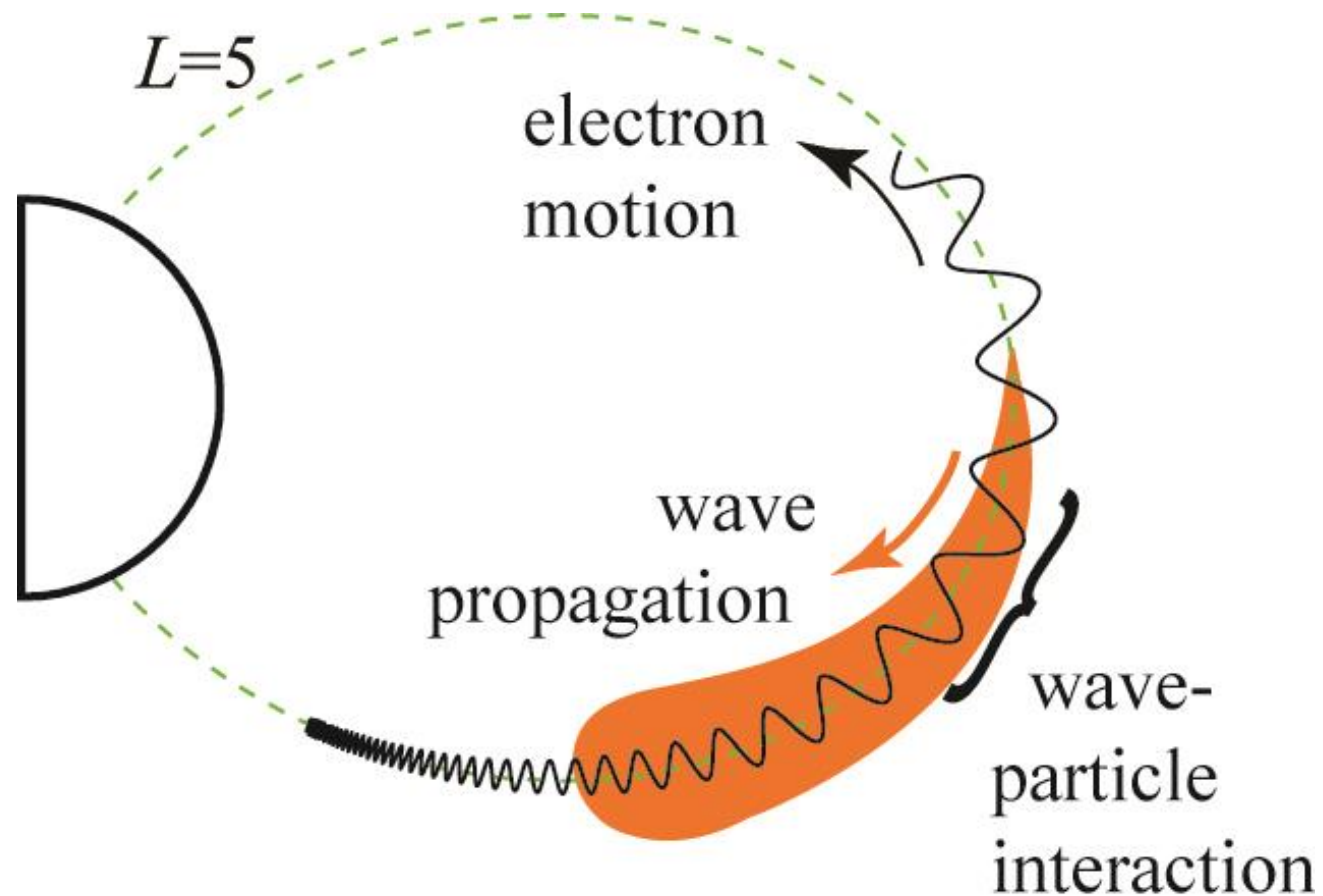


# Space Physics Master's Course

## Lecture 3



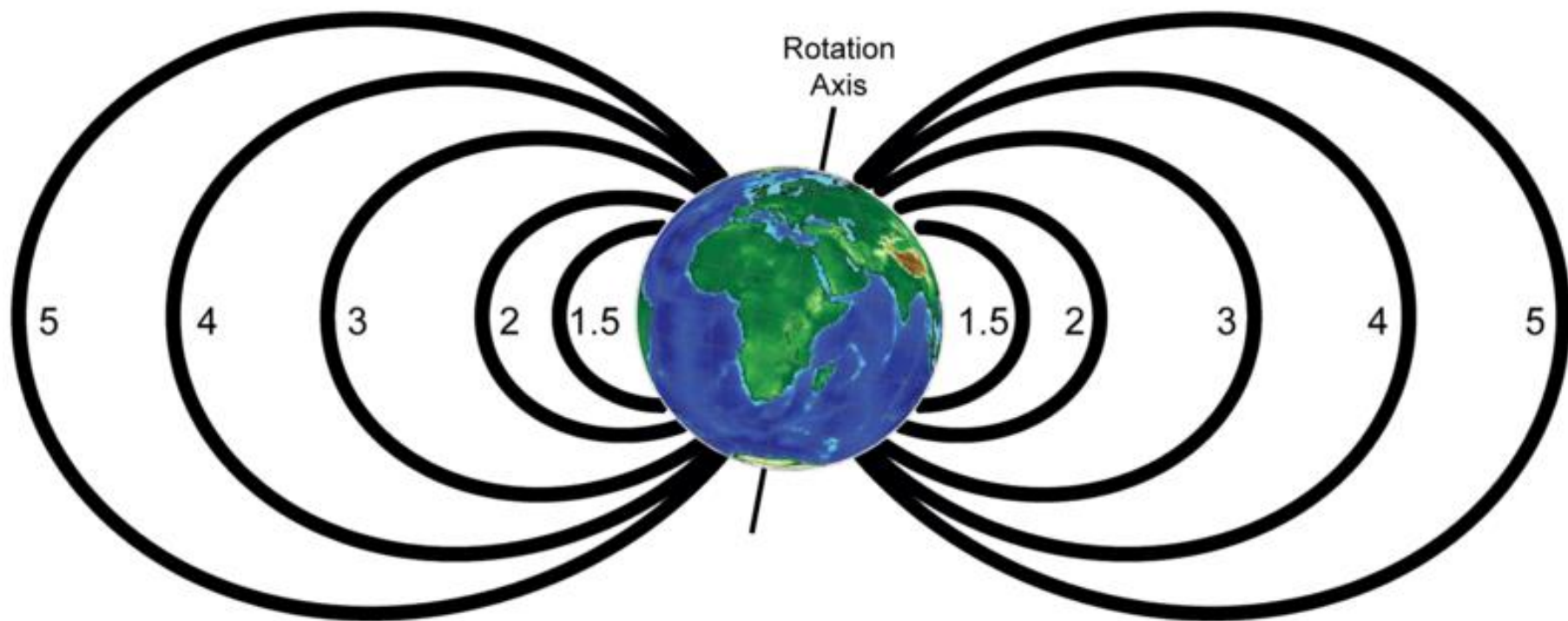
# RECOMMENDED READING

Διαστημική Φυσική, Κεφάλαιο 3

(<https://repository.kallipos.gr/handle/11419/11507>)

Physics of Earth's Radiation Belts, Κεφάλαιο 2

(<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-82167-8.pdf>)



$$r = L \cos^2 \lambda$$

Drift shell splitting,  
drift loss cone and  
magnetopause shadowing

Κεφάλαιο 4, Walt (1994)  
Roederer (1967)

Η 3<sup>η</sup> αδιαβατική αναλλοίωτη (μαγνητική ροή)  
 ισούται με το ολοκλήρωμα δράσης της  
 γενικευμένης ορμής του οδηγού κέντρου  
 κατά μήκος του ίχνους ολίσθησης γύρω από  
 το μαγνητικό δίπολο  $p = m u_D$  (όπου  $u_D$  η  
 ταχύτητα ολίσθησης)  
 και είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής που  
 περικλείεται από την τροχιά του οδηγού  
 κέντρου γύρω από το μαγνητικό δίπολο:  

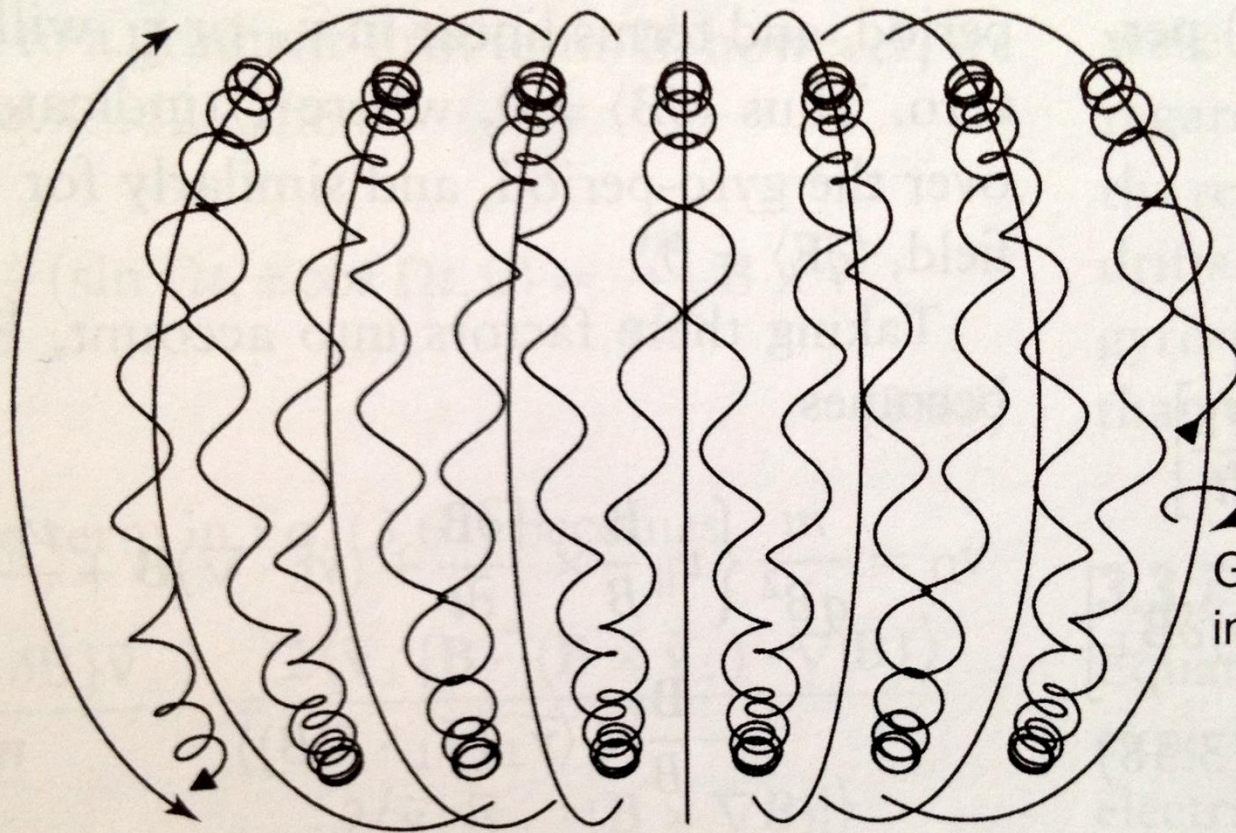
$$\mathbf{J}_3 = \int \mathbf{p}_d d\mathbf{s} \propto \Phi$$

## Τρίτη αδιαβατική αναλλοίωτη (flux invariant)

$$\Phi = \oint B dS$$

Η μαγνητική ροή  $\Phi$  που περικλείεται από το «κέλυφος» του ολισθένοντος σωματιδίου (drift shell) είναι σταθερή (όσο το μαγνητικό πεδίο δεν μεταβάλλεται με ρυθμούς ταχύτερους από την περίοδο ολίσθησης)

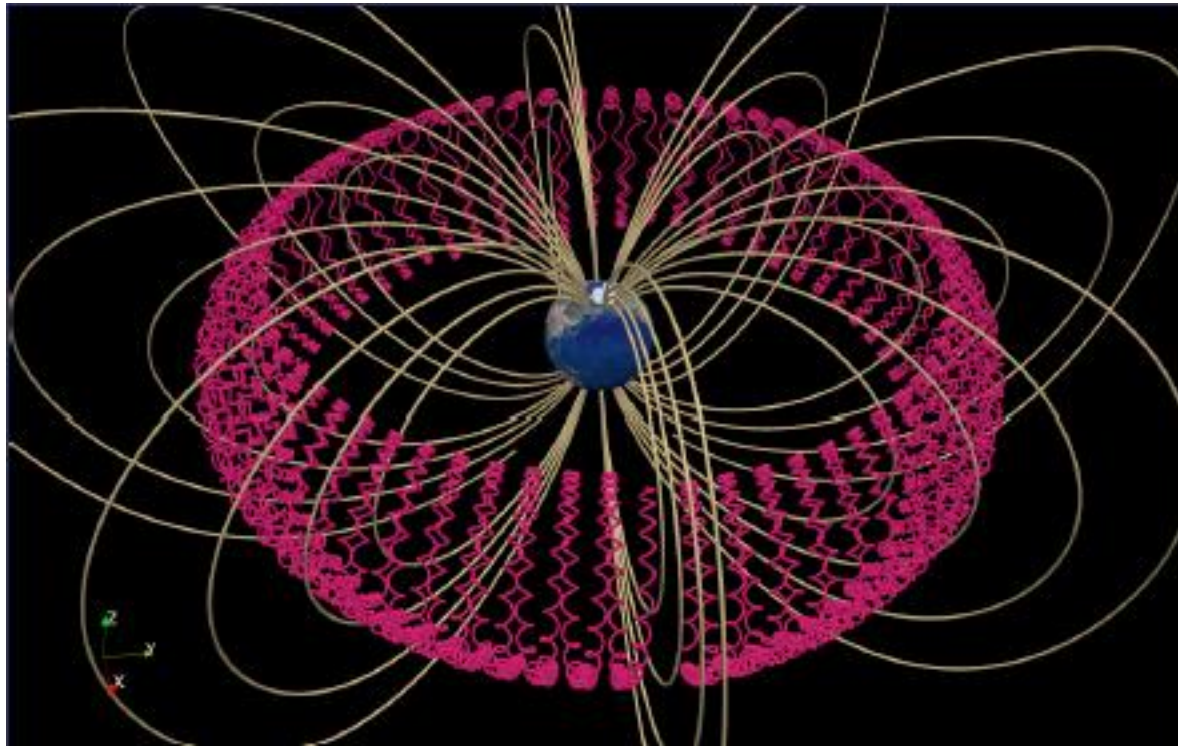
Bounce  $\nu_b$ ,  
invariant  $J$

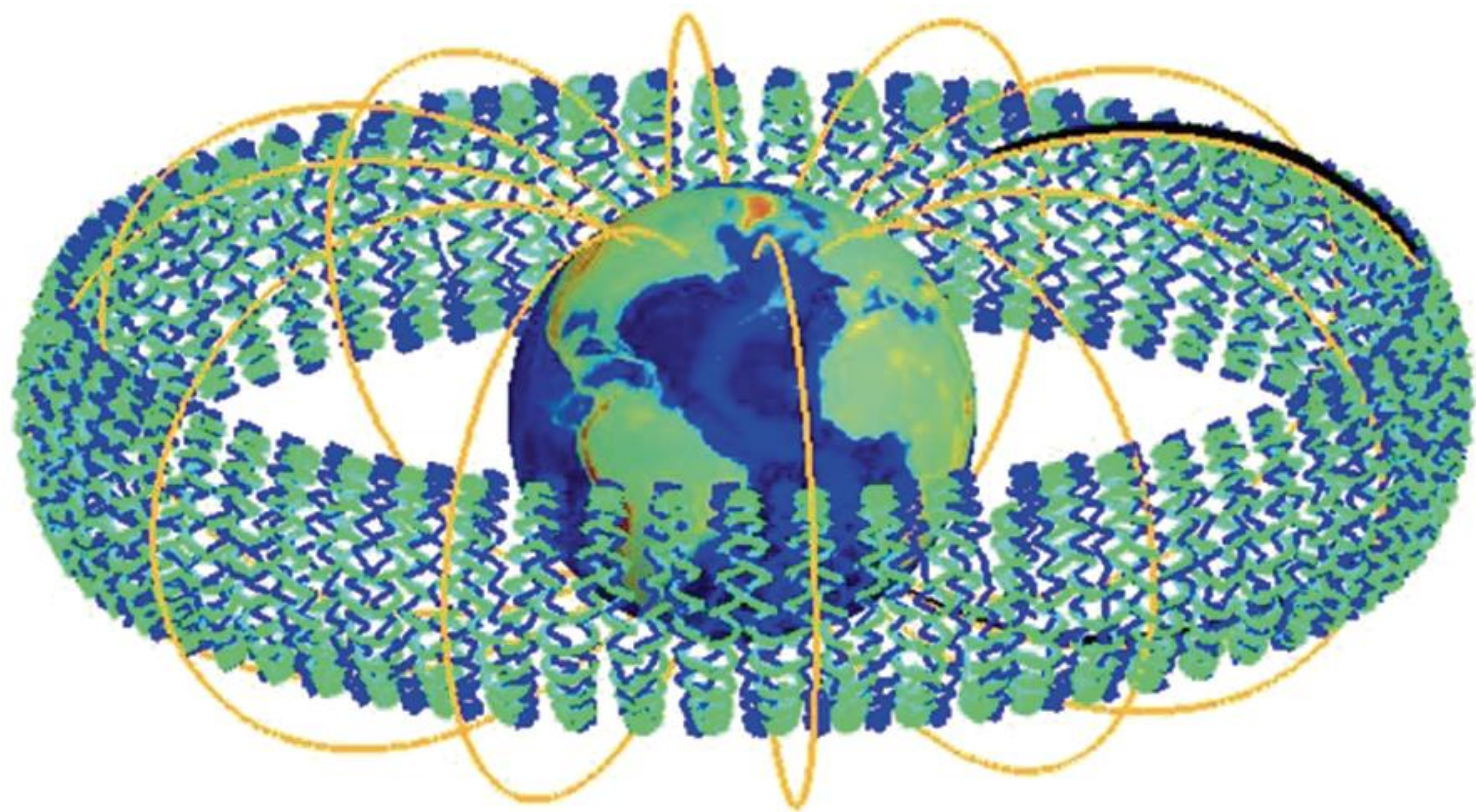


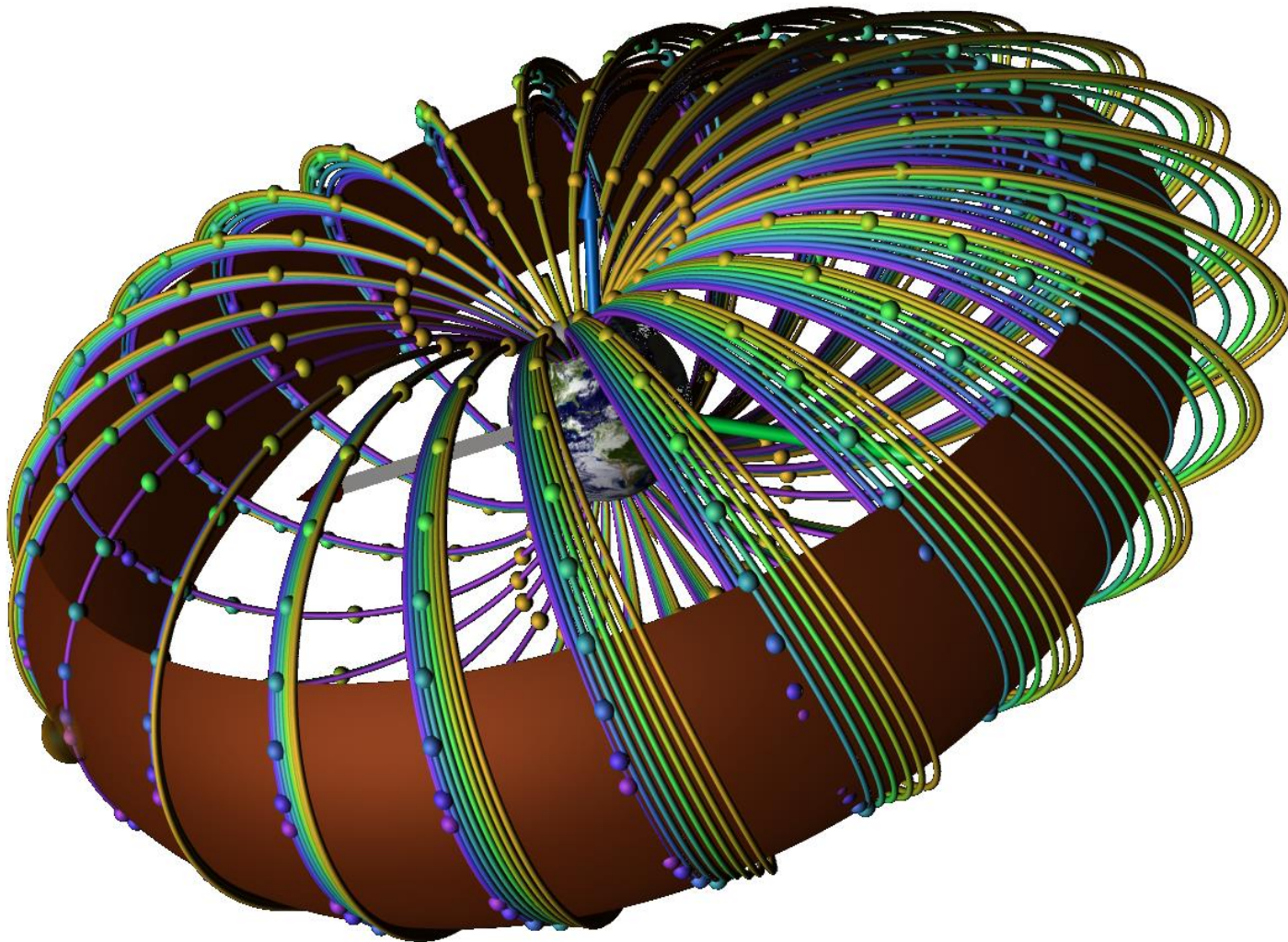
Gyration  $\nu_g$ ,  
invariant  $\mu$

Drift  $\nu_d$ ,  
invariant  $L$ -shell

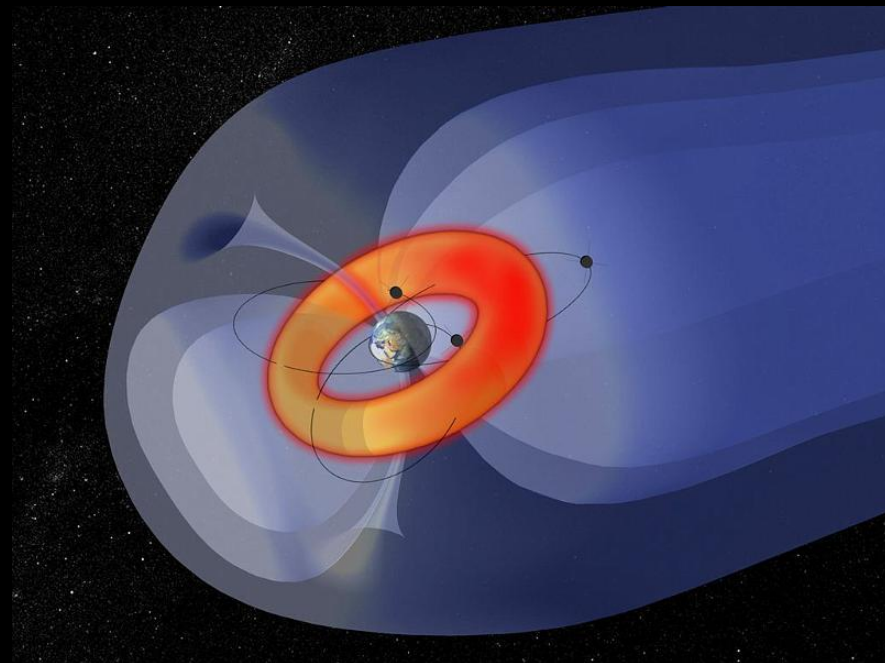
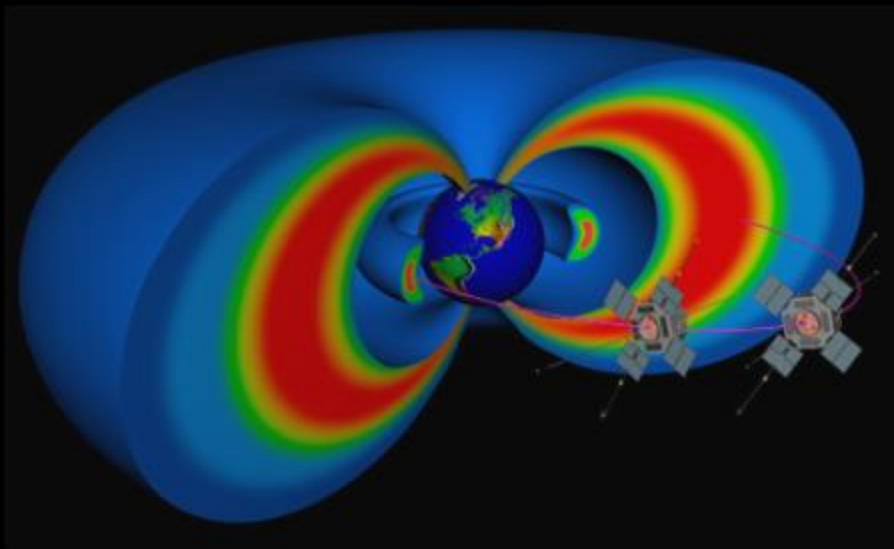
# Τρίτη αδιαβατική αναλλοίωτη

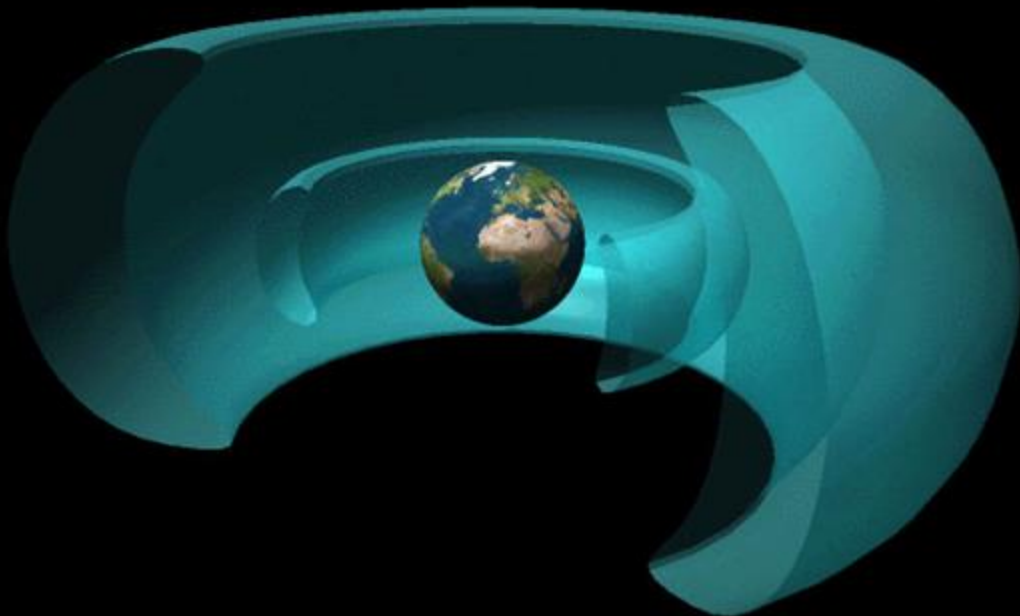
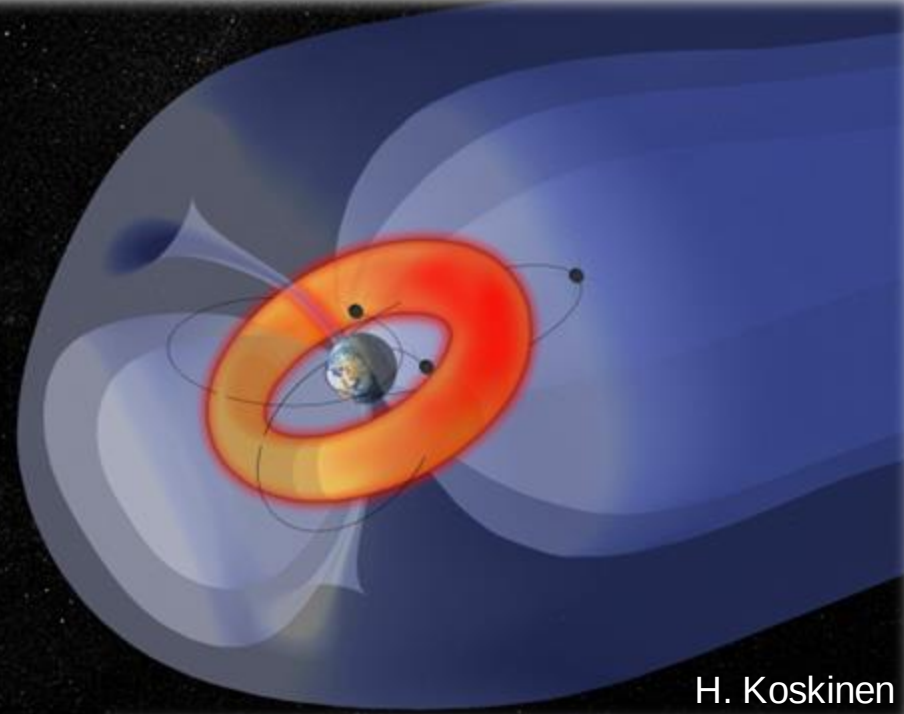




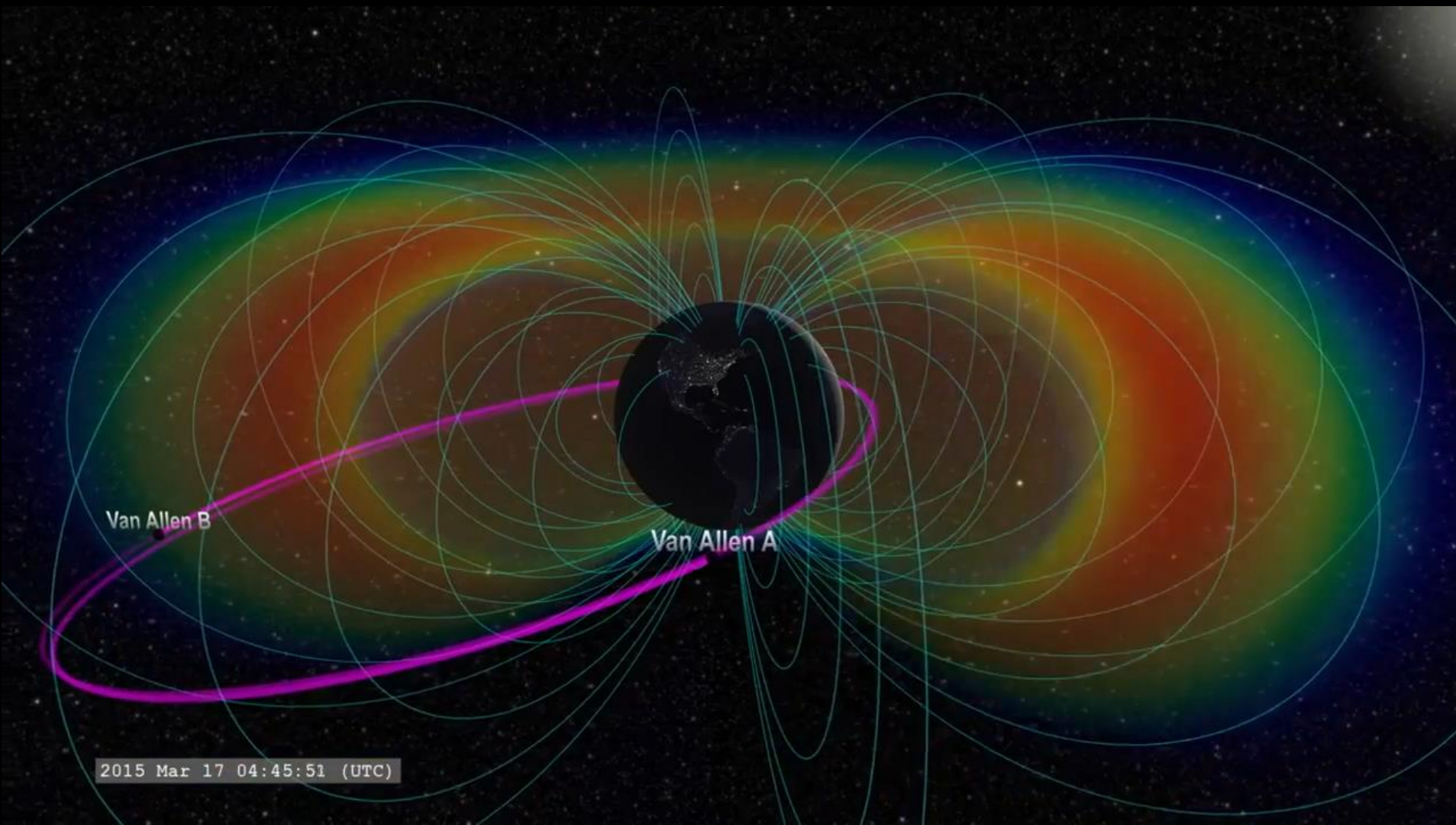


# Adiabatic Invariants





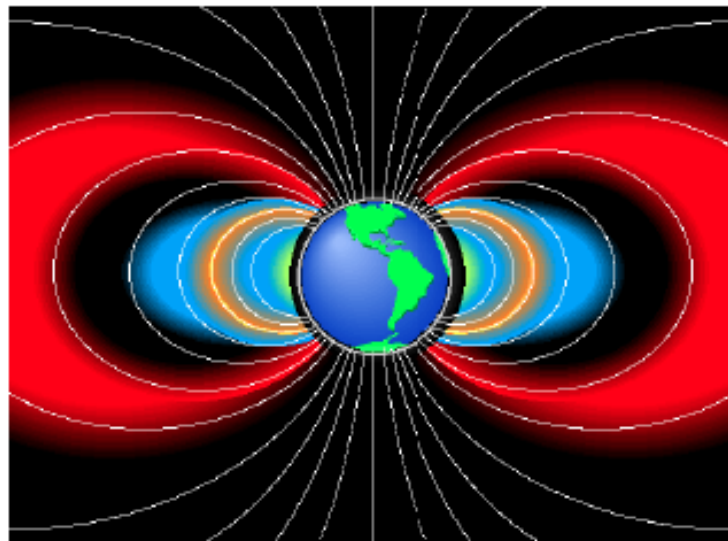
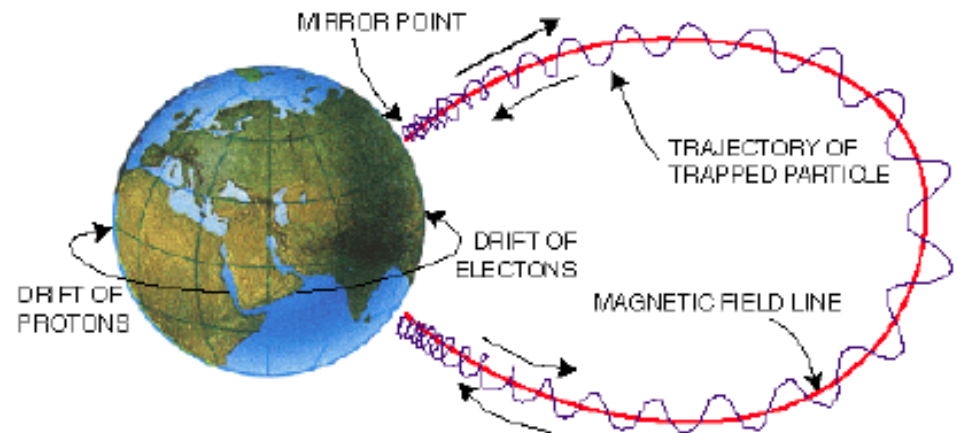
# **Visualization of particle motion**



# Adiabatic Invariants

Associated with each motion is a corresponding *adiabatic invariant*:

- Gyro:  $M=p^2/2m_oB$
- Bounce:  $K$
- Drift:  $L$



- Outer Van Allen Belt
- Inner Van Allen Belt
- Trapped ACR (interstellar matter)
- Energetic Secondary Ions

- $M$ : perpendicular motion
- $K$ : parallel motion
- $L$ : radial distance of equator crossing in a dipole field

*If the fields guiding the particle change slowly compared to the characteristic motion, the corresponding invariant is conserved.*

# Περίοδοι κίνησης

# Συνθήκες διατήρησης

- Η  $\mu$  διατηρείται όσο το  $B$  αλλάζει ελάχιστα στην κλίμακα της γυροακτίνας  $r_L$
- Όλες οι αδιαβατικές αναλλοίωτες διατηρούνται όταν η χρονική μεταβολή του  $B$  στη διάρκεια της περιόδου της κίνησης είναι πολύ μικρή

## Συνθήκες διατήρησης ( $dJ/dt=0$ )

- Η  $\mu$  διατηρείται όταν η χωρική μεταβολή του  $B$  σε διαστάσεις  $\sim r_L$  είναι πολύ μικρή:

$$\left| \frac{\tilde{N}B}{B} \right| \ll \frac{1}{r_L}$$

- Όλες οι αδιαβατικές αναλλοίωτες διατηρούνται όταν η χρονική μεταβολή του  $B$  στη διάρκεια της περιόδου της κίνησης είναι πολύ μικρή:

$$\left| \frac{1}{B} \frac{\partial B}{\partial t} \right| \ll \frac{1}{\tau}$$

Περίοδοι κίνησης:  $t_m \sim 10^{-6} - 10^{-3} s$

$$t_J \sim 1s$$

$$t_F \sim 1 - 60m$$