

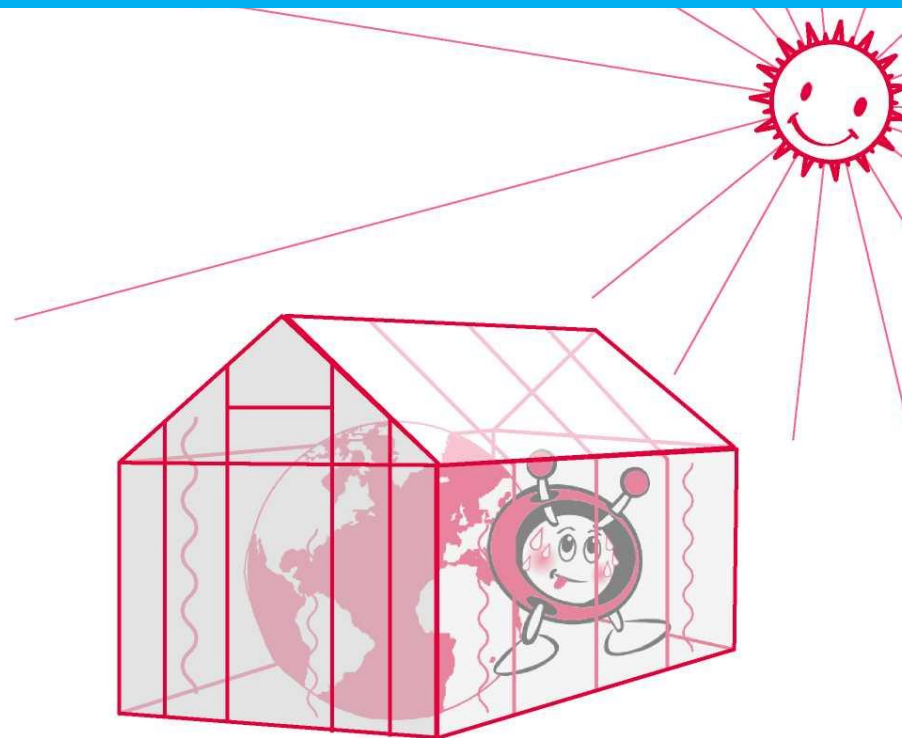
# tanítsunk a világűrrel!

→ **EXOBOLYGÓK MOZGÁSBAN**  
Építsünk exobolygórendszert!

**European Space  
Education Resource  
Office (ESERO)**

Az Európai Űrügynökség (ESA) oktatási programja  
az Európai Űrügynökség Oktatási Erőforrás Iroda (ESERO)  
az Egyesült Királysággal együttműködésben

Szerzői jogok 2014 © Európai Űrügynökség

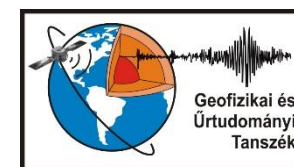


**Timár Gábor** egyetemi tanár

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

**Székelly Balázs** egyetemi docens

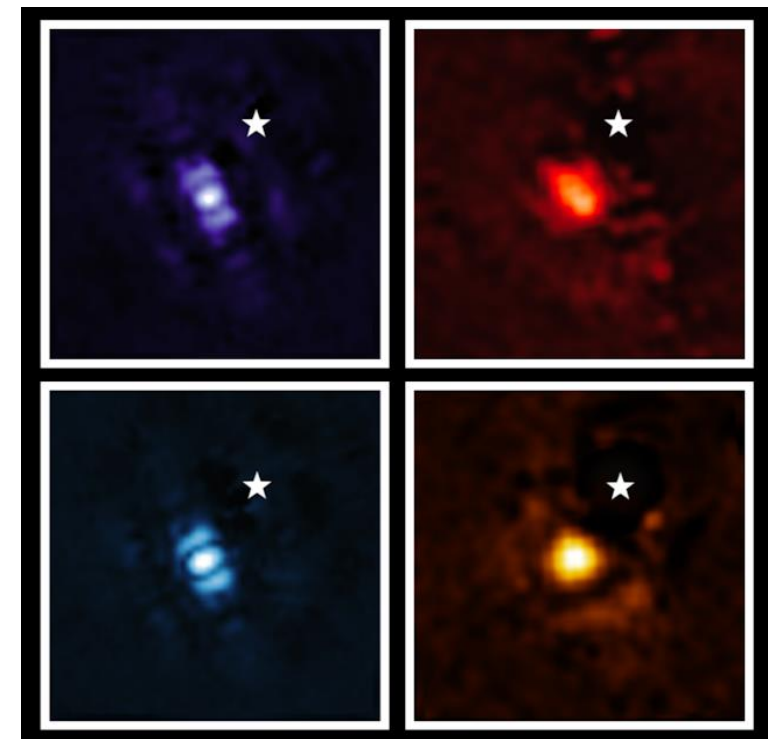


# tanítsunk a világűrrel!

Exobolygók:

Naprendszeren kívüli bolygók

1995: első felfedezés, azóta több ezer találat



# tanítsunk a világgűrrel!

## Exobolygók típusai:

- Szilárd/sziklás (Föld-típusú); méret és csillagtól való távolság hasonló
- Szuperföld; sziklás, de a Földnél nagyobb, max. Neptunusz-méretű
- Gázóriások (Jupiter-típusú)
- Jégóriások
- Meleg Jupiter, forró Neptunusz: a „mieinknél” sokkal közelebb a csillaghoz
- Pályaeeltéréses: nagyon elnyújtott ellipszis mentén
- „Kételtű”: több különböző összetevő: kőzet, gáz, víz
- Törpebolygók

# tanítsunk a világgűrrel!

## Exobolygók típusai:

- Szilárd/sziklás (Föld-típusú); méret és csillagtól való távolság hasonló
- Szuperföld; sziklás, de a Földnél nagyobb, max. Neptunusz-méretű
- Gázóriások (Jupiter-típusú)
- Jégóriások
- Meleg Jupiter, forró Neptunusz: a „mieinknél” sokkal közelebb a csillaghoz
- Pályaeeltéréses: nagyon elnyújtott ellipszis mentén
- „Kételtű”: több különböző összetevő: kőzet, gáz, víz
- Törpebolygók

# tanítsunk a világgűrrel!

## Észlelési módszerek

- Tranzit-módszer: a bolygó áthalad a csillag előtt és csökkenti a fényességét
- Doppler- vagy radiális sebesség módszer: a bolygó kissé magához vonzza a csillag anyagát és emiatt annak színeképében Doppler-eltolódás észlelhető
- Közvetlen észlelés: távcsőben látszik... különösen akkor, ha a csillag spektrumától távol van a bolygóé és ez így kiszűrhető
- „Mikrolencse”: ha egy távolabbi csillag fényét gravitációsan a bolygó is eltéríti
- Asztrometria: a csillag helye számításokkal előrejelezhető, és az ebben való finom eltérés bolygó(k)ra utal(hat)

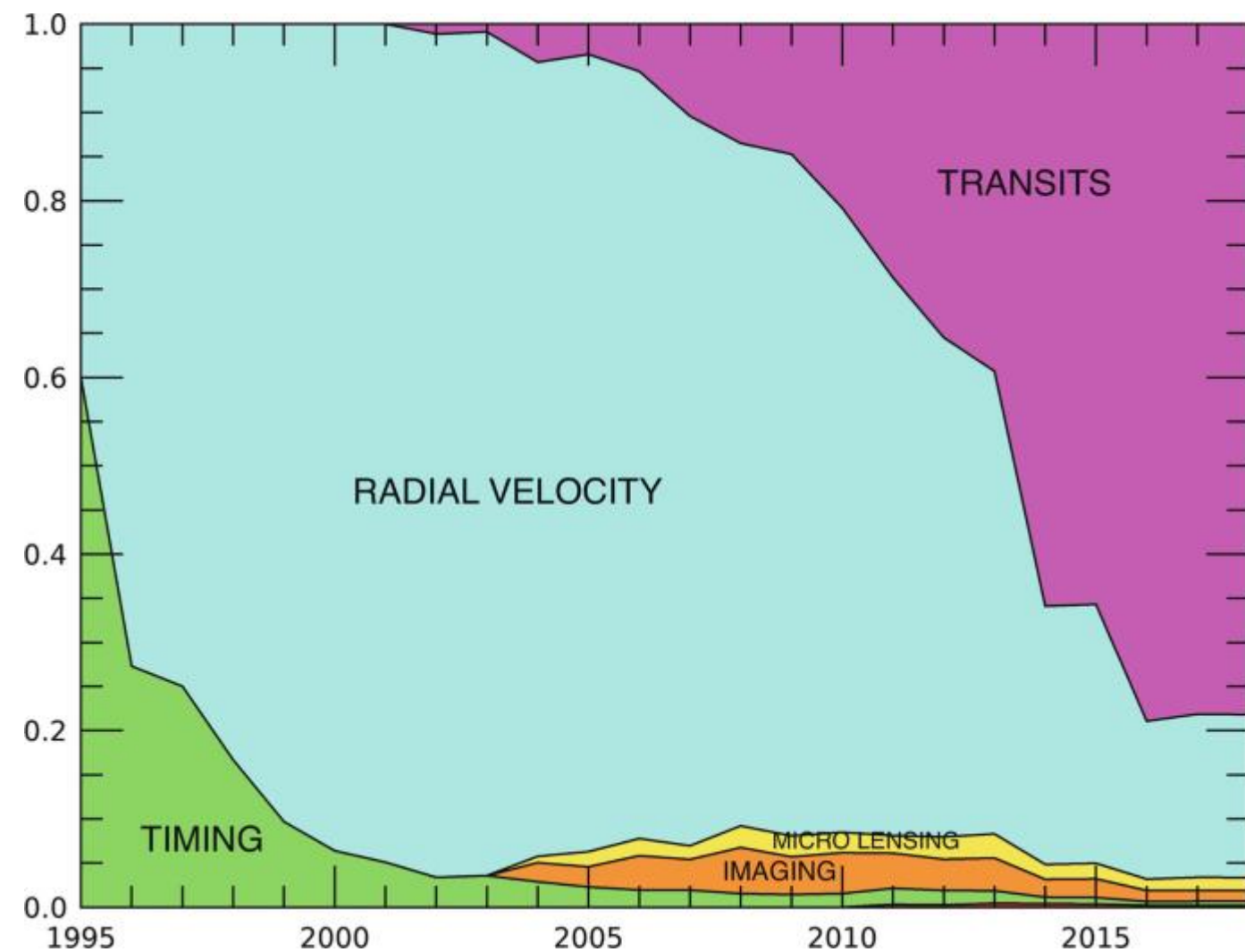
# tanítsunk a világgűrrel!

## Észlelési módszerek

- **Tranzit-módszer: a bolygó áthalad a csillag előtt és csökkenti a fényességét**
- Időcsúszás (timing variation), amelynek egy része a:
- Doppler- vagy radiális sebesség módszer: a bolygó kissé magához vonzza a csillag anyagát és emiatt annak színeképében Doppler-eltolódás észlelhető
- Közvetlen észlelés: távcsőben látszik... különösen akkor, ha a csillag spektrumától távol van a bolygóé és ez így kiszűrhető
- „Mikrolencse”: ha egy távolabbi csillag fényét gravitációsan a bolygó is eltéríti
- Asztrometria: a csillag helye számításokkal előrejelezhető, és az ebben való finom eltérés bolygó(k)ra utal(hat)

# tanítsunk a világgűrrel!

## Észlelés története





# tanítsunk a világűrrel!

HOW DO WE DETECT EXOPLANETS?

## THE TRANSIT PHOTOMETRY METHOD



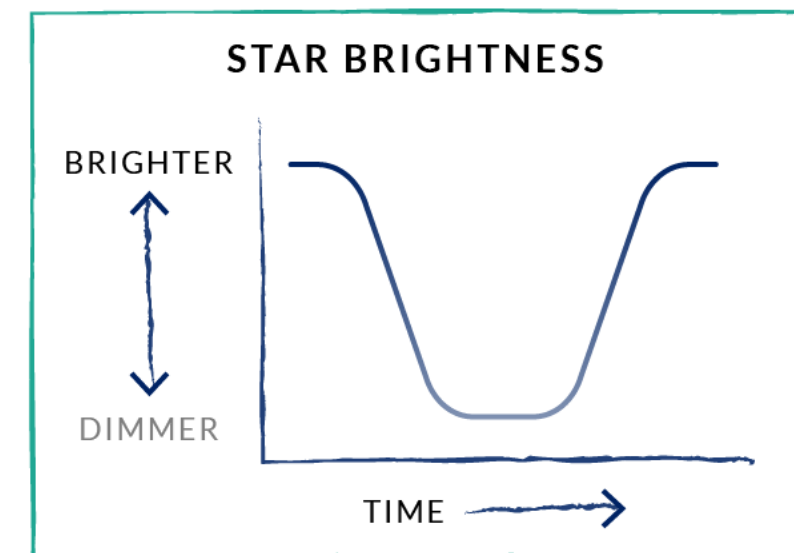
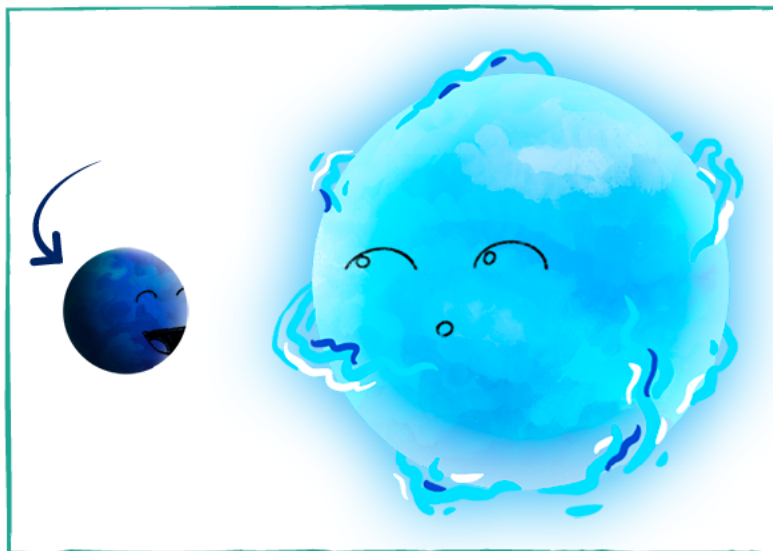
Orbits are everything! As planets orbit around their stars, they sometimes partially block the star, dimming its light and letting us know that something is there. Hey, exoplanet! Get out of the way!

### Best for: ✓

- Finding exoplanets in **close orbits**
- Measuring exoplanet **diameters**
- **Space telescopes**

### Not great for: ✗

- Finding exoplanets that **do not cross stars**
- Measuring exoplanet **mass**
- Determining whether the blocking **planet** is **actually a small star**





# tanítsunk a világgűrrel!

HOW DO WE DETECT **EXOPLANETS**?

## THE TIMING VARIATIONS METHOD



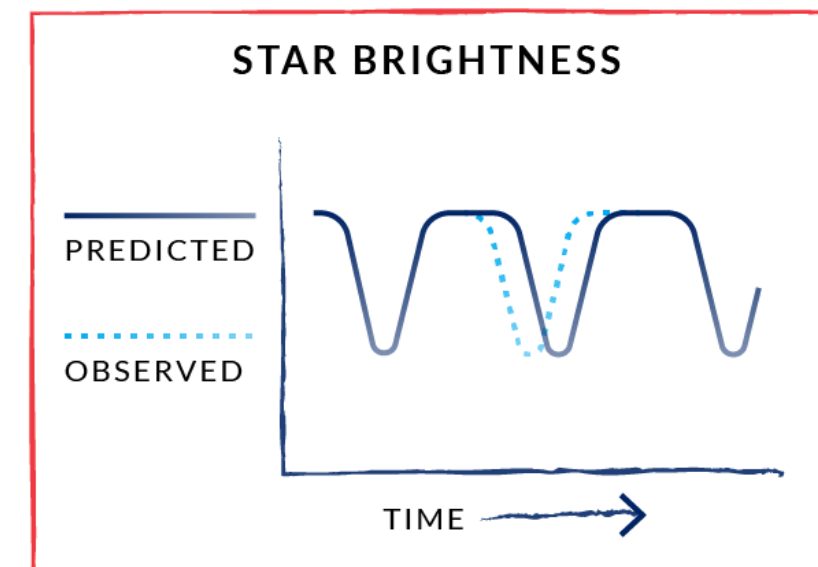
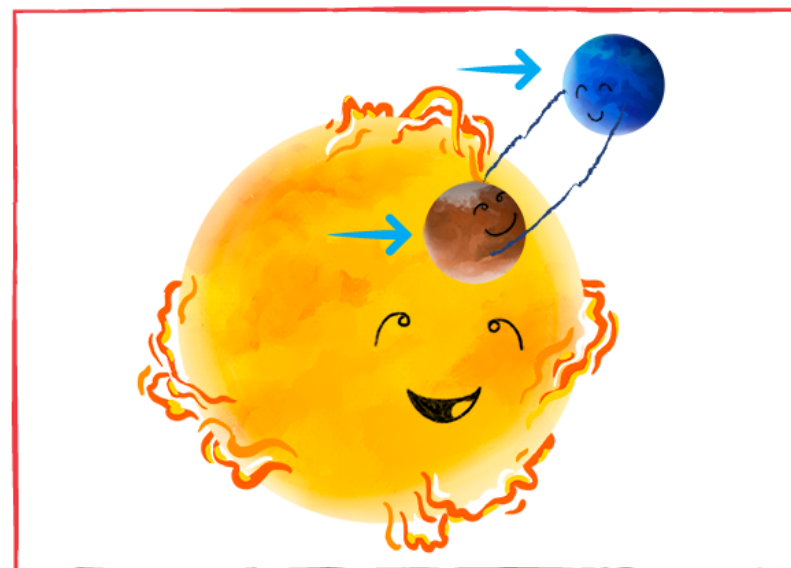
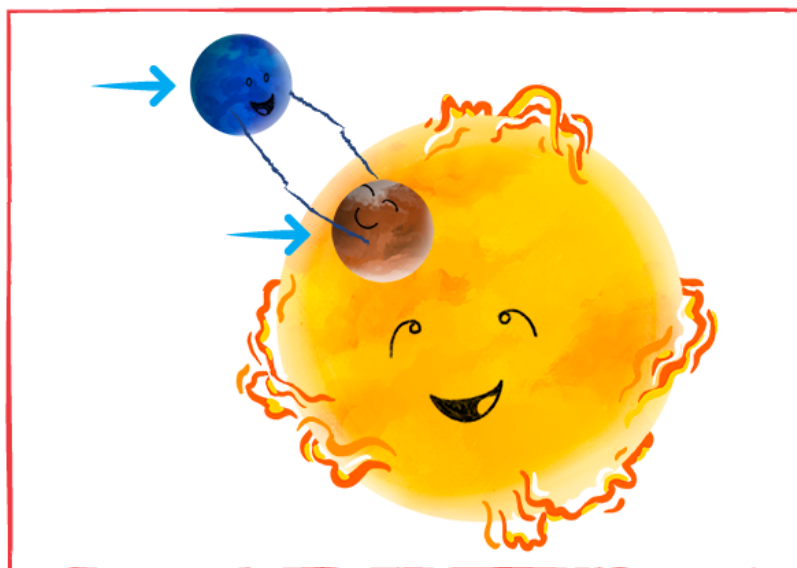
Tug of war is extremely popular in space. When a planet crossing in front of its star gets tugged on by a second planet, it speeds up or slows down and it crosses the star earlier or later than predicted. The early or late crossing lets us know another exoplanet is there!

### Best for: ✓

- Finding **large** exoplanets
- Determining an exoplanet's **mass**
- Finding exoplanets near **weird stars**

### Not great for: ✗

- Finding **many** exoplanets **at once**
- Finding exoplanets in **distant** orbits
- Finding **habitable** exoplanets



The Planetary Society

# tanítsunk a világgűrrel!

HOW DO WE DETECT **EXOPLANETS**?



## THE RADIAL-VELOCITY METHOD

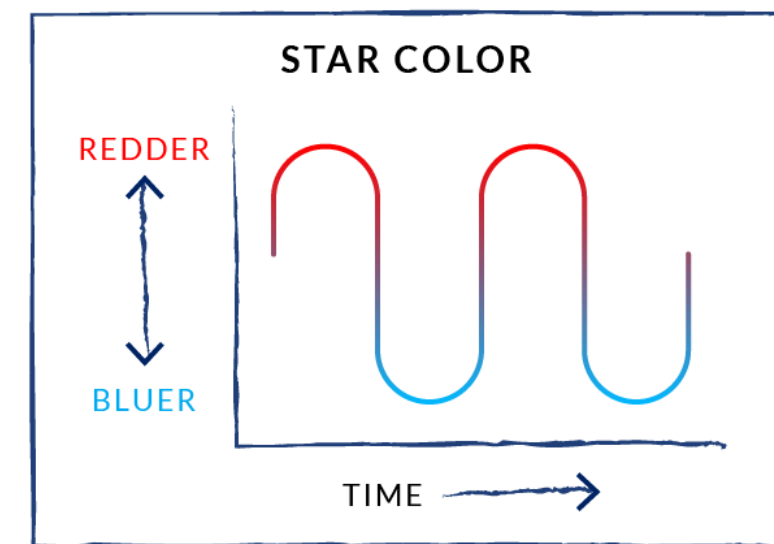
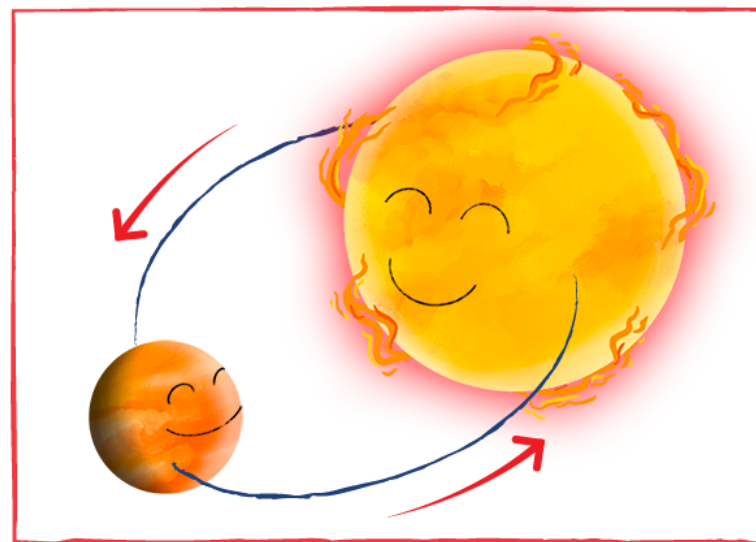
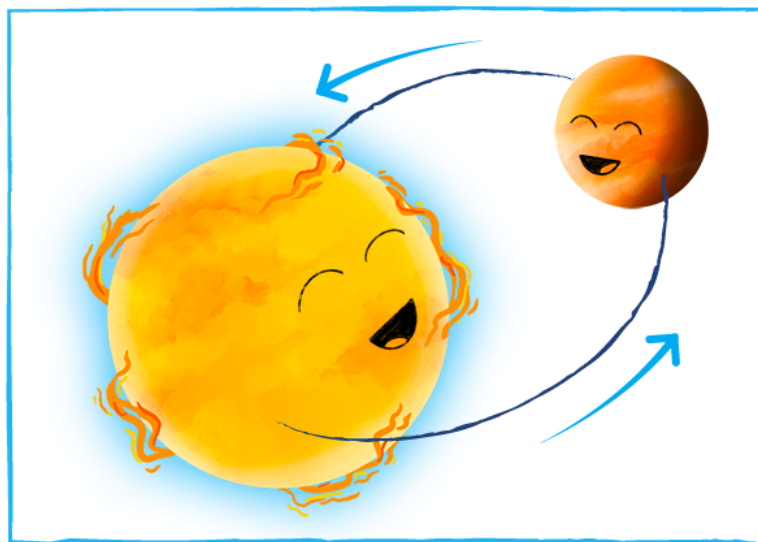
Gravity pulls on everything. Stars pull planets, and planets pull stars. We can sometimes see this pull when a planet is tugging on a star either toward us or away from us, making the star appear bluer or redder. This is due to the Doppler effect, which shifts the wavelength of the star's light. It's the same reason an ambulance siren changes pitch as it passes you!

### Best for: ✓

- Finding **big** exoplanets in **close orbits**
- Measuring exoplanet **mass**
- **Ground-based telescopes**

### Not great for: ✗

- Finding exoplanets in **distant orbits**
- Measuring exoplanet **diameters**
- Finding **small** exoplanets



# tanítsunk a világgűrrel!

HOW DO WE DETECT **EXOPLANETS**?

## THE MICROLENSING METHOD

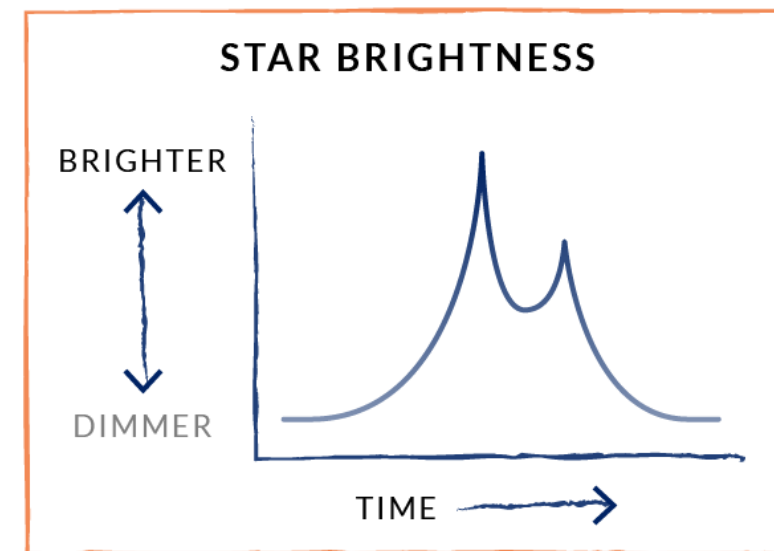
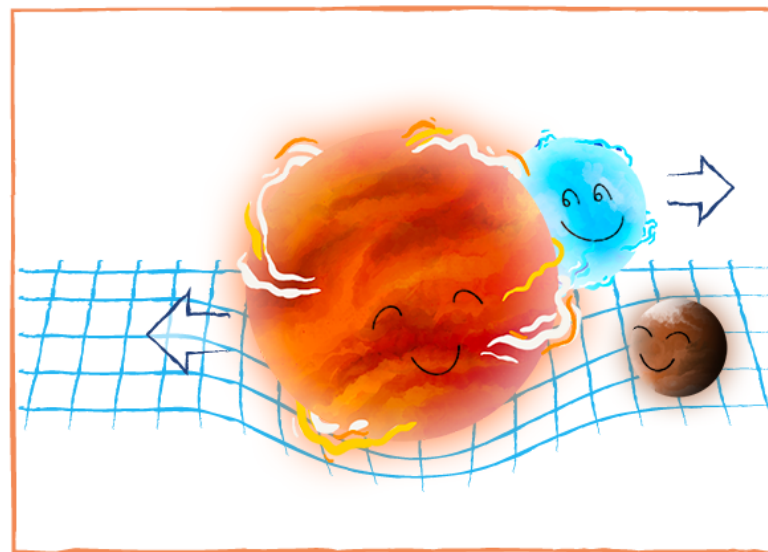
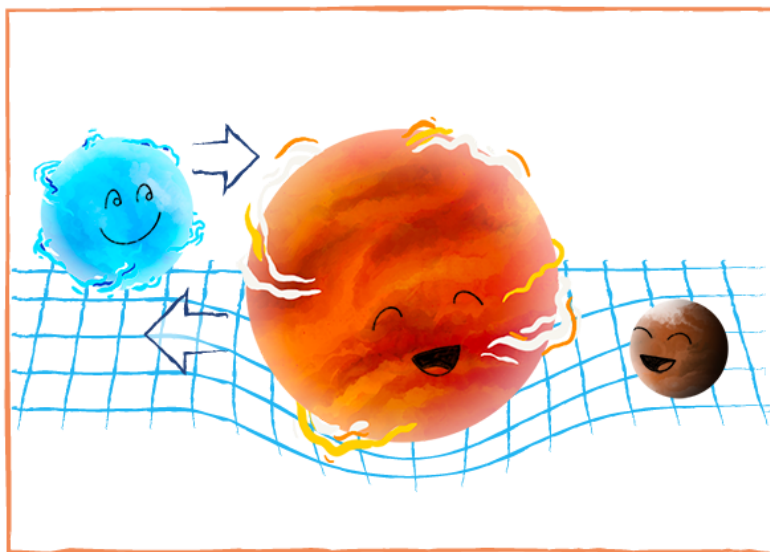
Did you know gravity can bend light? It's true! When one star passes in front of another, it bends the light like a lens, making it brighter. If the lens-making star has a planet, it makes the other star even brighter. Shiny!

### Best for: ✓

- Finding exoplanets **very far away** from Earth
- Finding exoplanets **orbiting far** from their stars
- Finding **free-floating** exoplanets

### Not great for: ✗

- Detecting an exoplanet **more than once**
- Discovering **many** exoplanets at once



# tanítsunk a világgűrrel!

HOW DO WE DETECT **EXOPLANETS**?

## THE ASTROMETRY METHOD

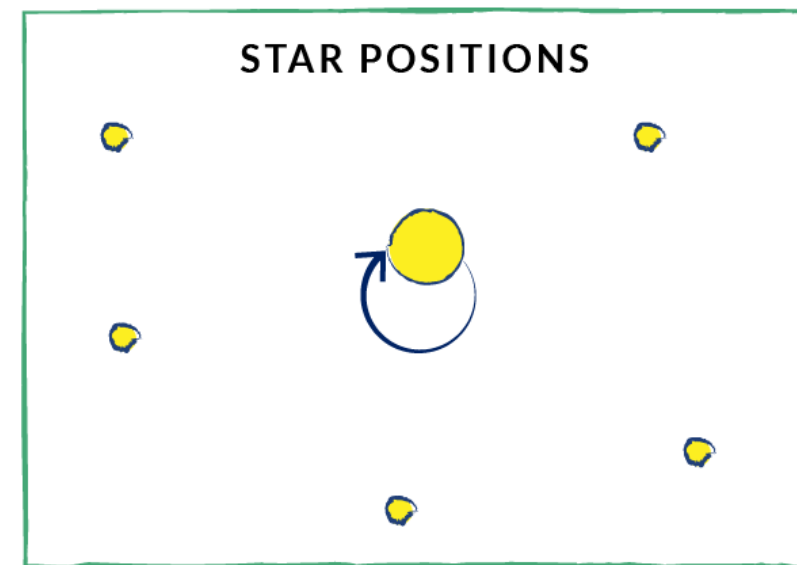
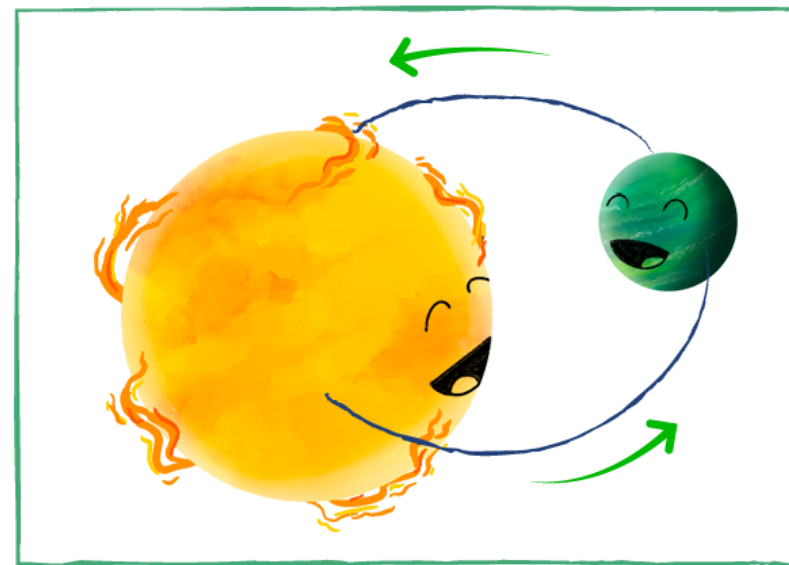
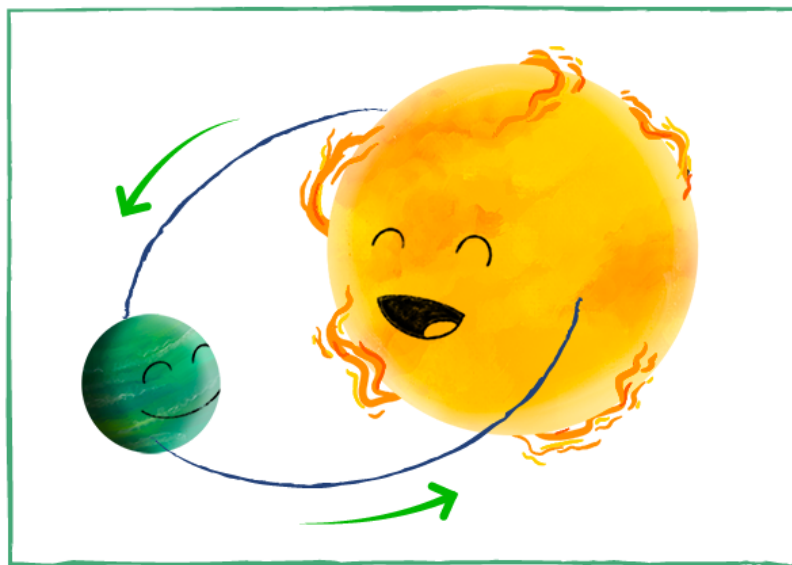
As stars and planets pull on each other, sometimes we can see the star pulled in unexpected paths. When we notice a star moving irregularly in comparison to other nearby stars, that might indicate an exoplanet. Exoplanet, you leave that star alone!

### Best for: ✓

- Finding exoplanets in **distant orbits**
- Finding exoplanets that **do not cross stars**
- Determining an exoplanet's **mass**

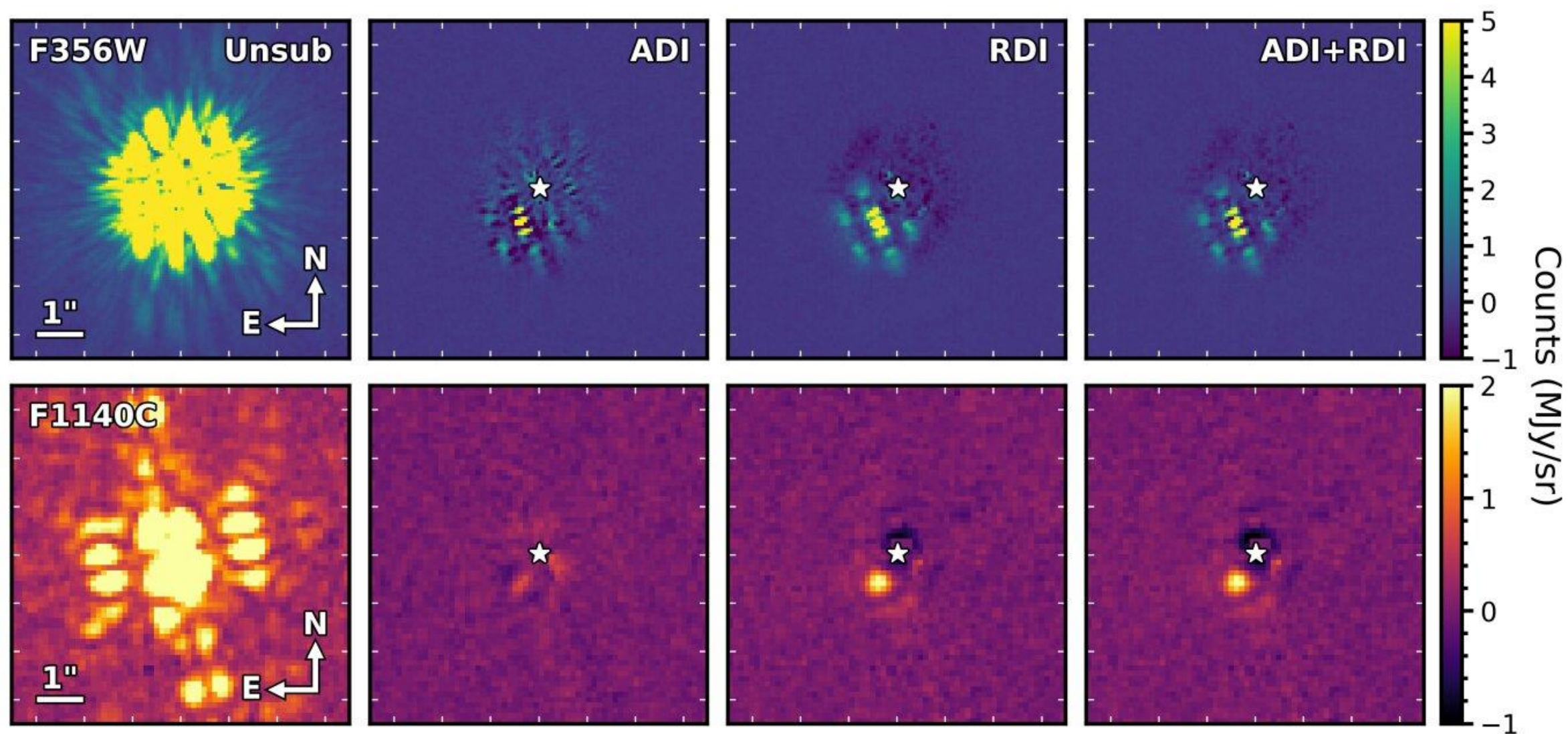
### Not great for: ✗

- Finding **faraway** exoplanets
- Determining an exoplanet's **diameter**
- Finding **many** exoplanets **at once**





# tanítsunk a világűrrel!



# tanítsunk a világűrrel!

