

Друга Школа природно-математичких наука  
26. октобар 2024, ПМФ

# СВЕТЛОСНО ЗАГАЂЕЊЕ

др Милан Милошевић  
Департман за физику, ПМФ у Нишу

Друга Школа природно-математичких наука  
26. октобар 2024, ПМФ

# СВЕТЛОСНО ЗАГАЂЕЊЕ

др Милан Милошевић  
Департман за физику, ПМФ у Нишу





**Astronomija - najstarija prirodna nauka.**  
***Ἀστρον*–sazvede, zvezda, *νομος* -zakon.**

<https://www.youtube.com/watch?v=6KfNu1HEcO4>



















# ASTRONOMIJA PROUČAVA

Prividne i prave položaje i kretanja kosmičkih objekata, njihove oblike i veličine

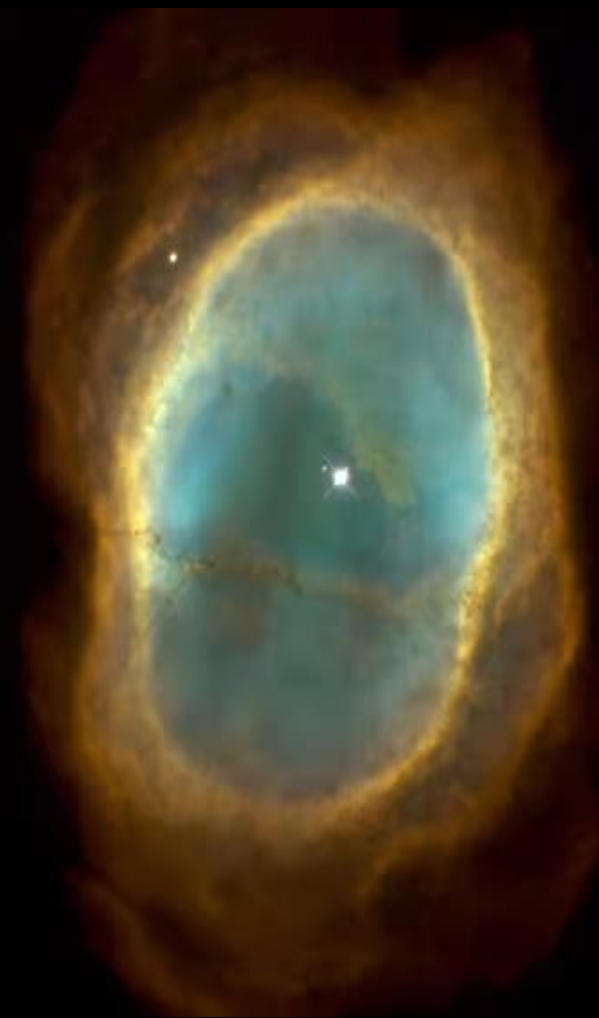
Građu, hemijski sastav, karakteristike kosmičkih objekata i pojave na njima

Nastanak i evoluciju kosmičkih objekata i cele Vasiona (kosmogonija i kosmologija)





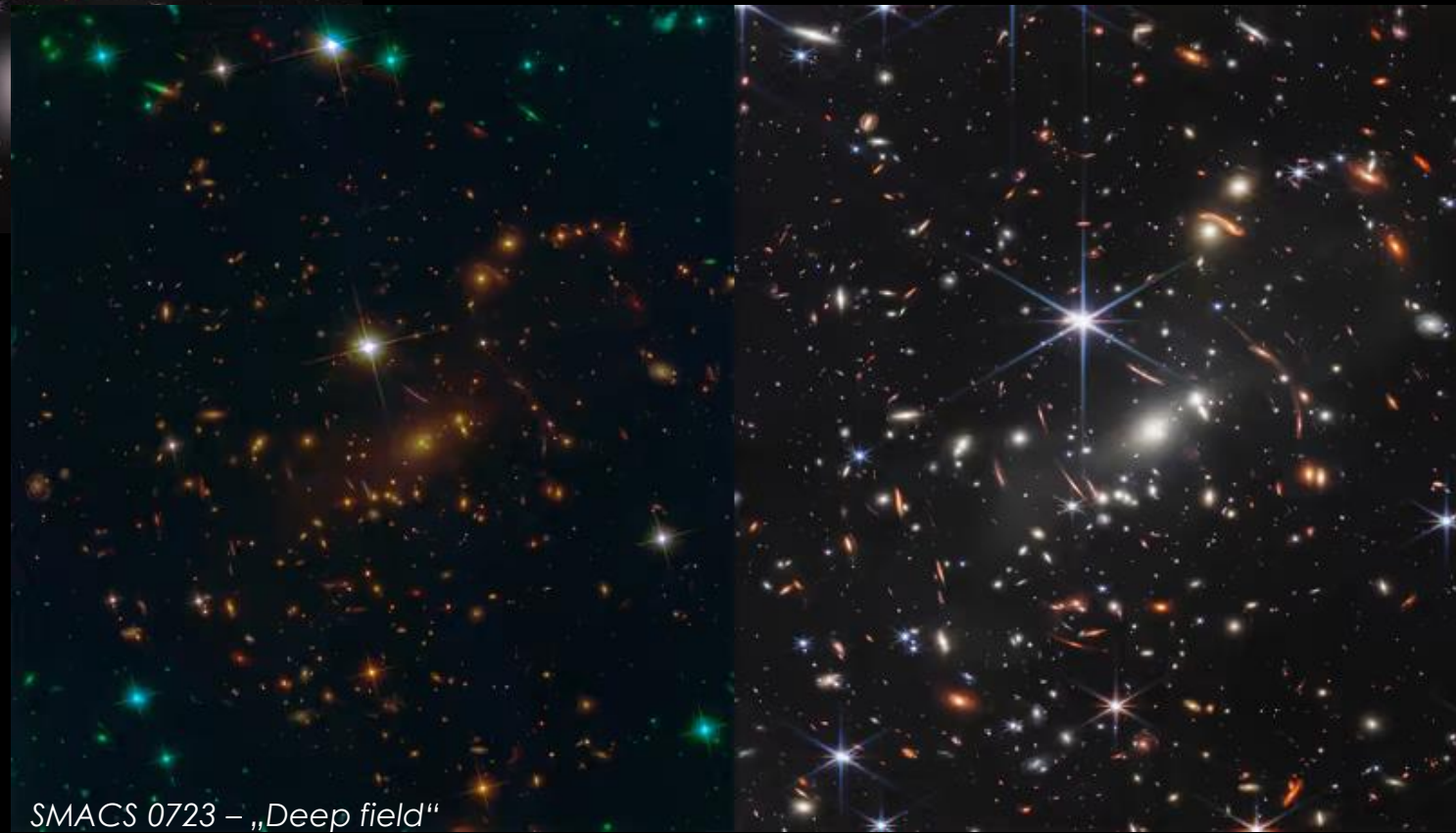
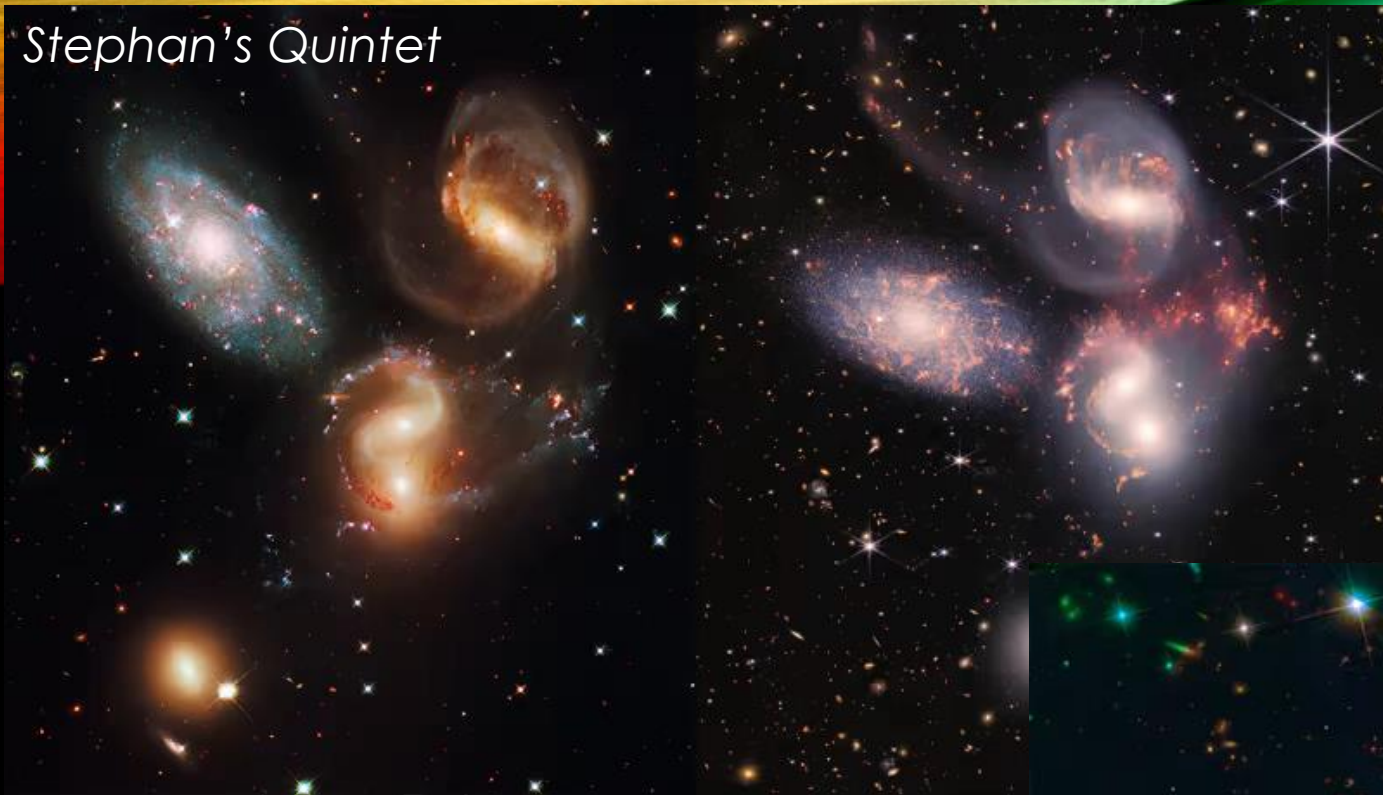
*Carina Nebula*



*Southern Ring Nebula*

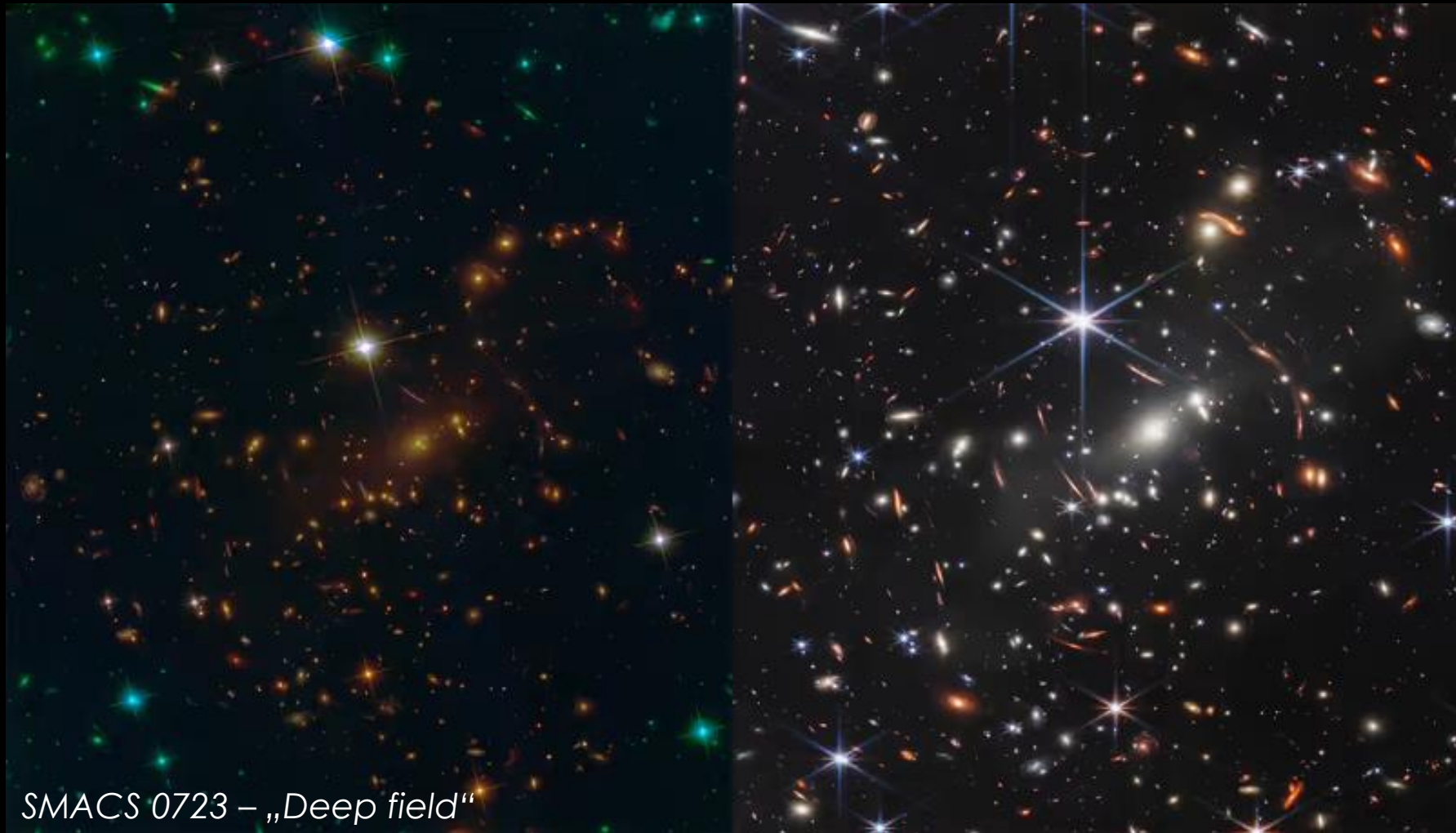


Stephan's Quintet



SMACS 0723 – „Deep field“

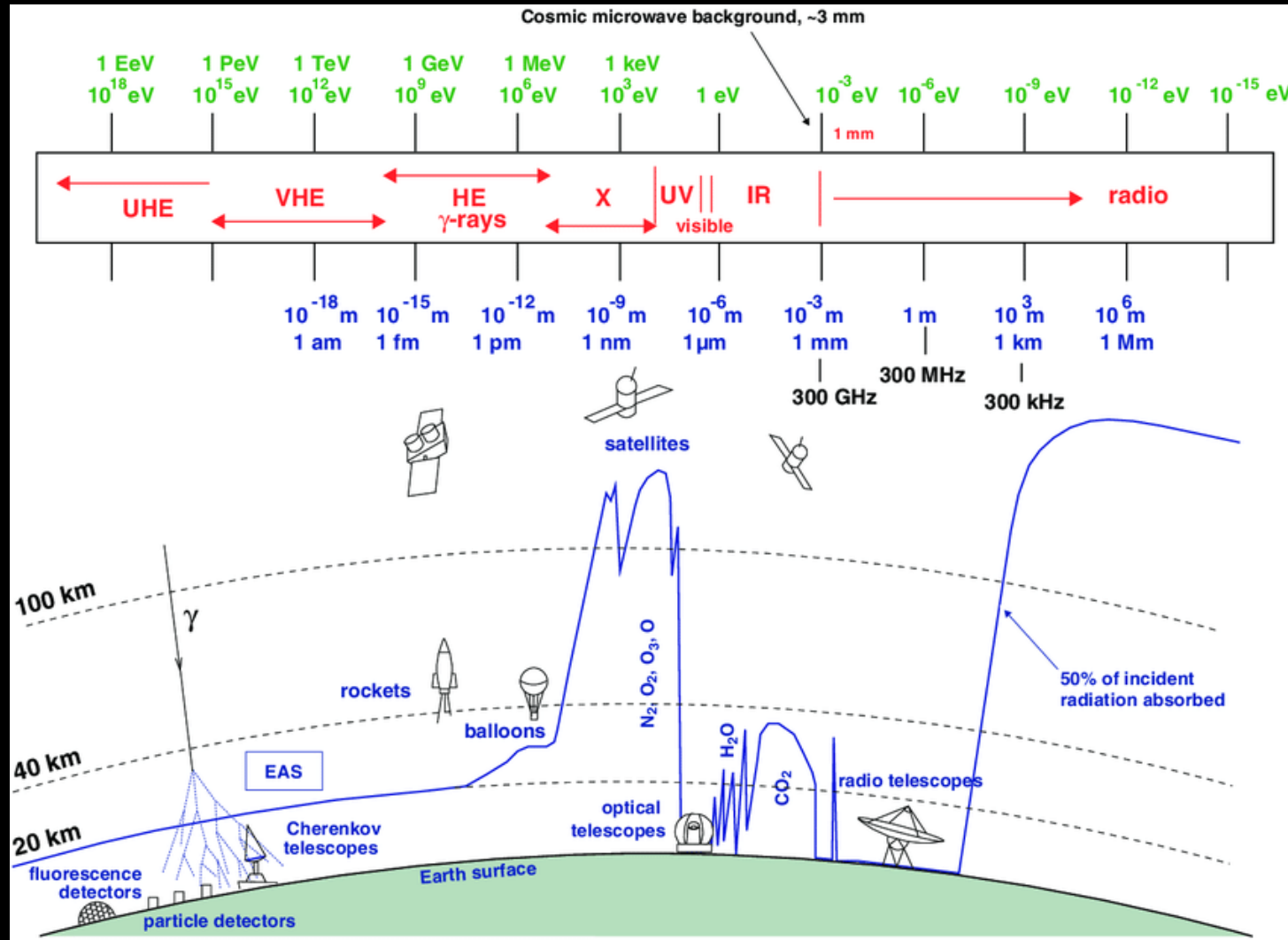




SMACS 0723 – „Deep field“



# ЗЕМЉИНА АТМОСФЕРА





# ШТА ЈЕ СВЕТЛОСНО ЗАГАЂЕЊЕ?

- Светлосно загађење је присуство превише вештачке светлости у ноћном окружењу, што спречава јасан поглед на звезде и ноћно небо.
- Углавном настаје услед уличног осветљења, реклама, осветљених зграда и саобраћаја.
- **Главни проблем:**
  - Светлосно загађење онемогућава да видимо звезде и
  - нарушава природни ритам ноћи и дана.





# ВРСТЕ СВЕТЛОСНОГ ЗАГАЂЕЊА

- **Сјај неба (skyglow)**
  - светлосна „магла“ која чини да ноћно небо светли.
- **Заслепљујућа светлост (glare)**
  - јака светлост која смета нашим очима.
- **Продор светлости (light trespass)**
  - светло које улази у подручја где није потребно.
- **Светлосна гужва (clutter)**
  - пренатрпаност изворима светлости.





# Сјај неба (skyglow)



# Заслепљујућа светлост (glare)





# Продор светлости (light trespass)

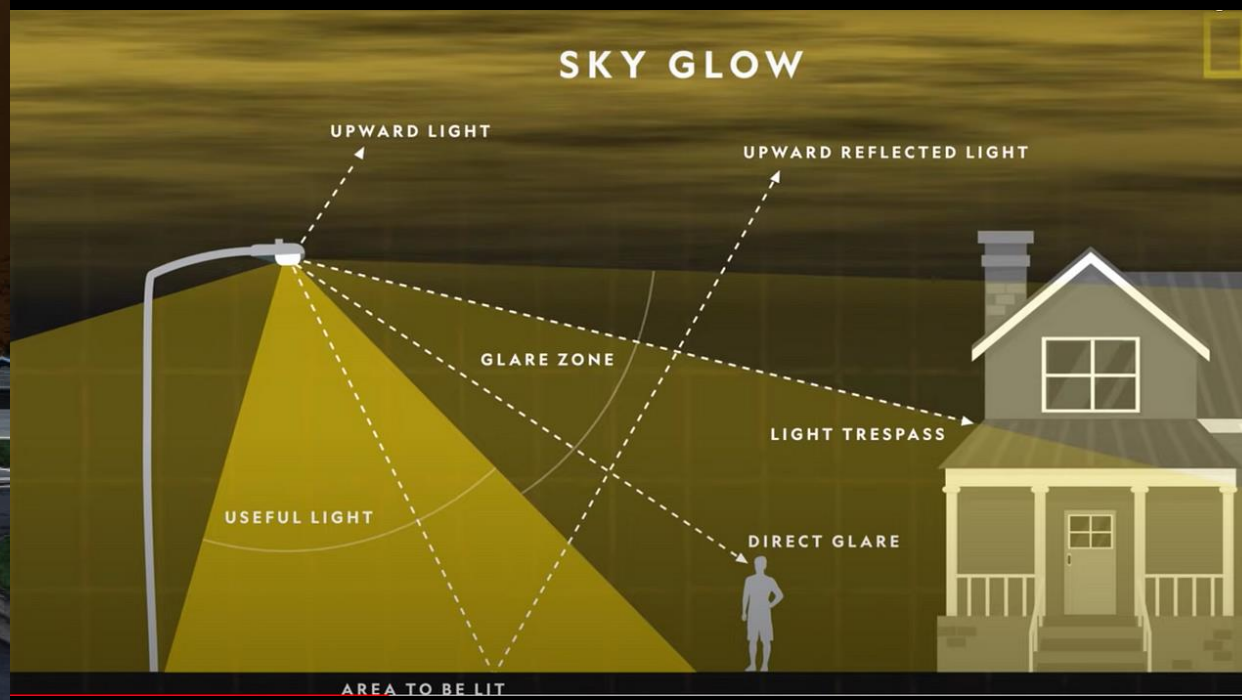


# Светлосна гужва (clutter)





# ВРСТЕ СВЕТЛОСНОГ ЗАГАЂЕЊА



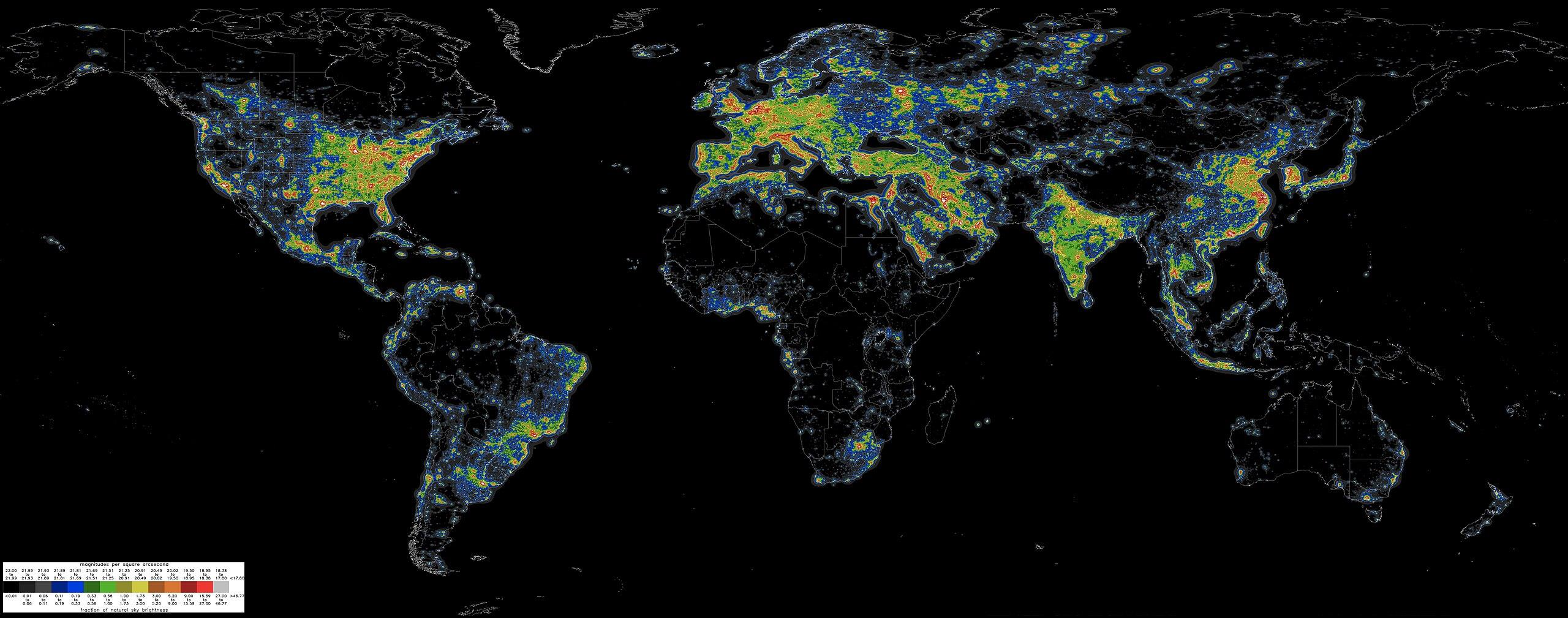
# ИЗВОРИ

- Највећи извори светлосног загађења су:
  - Улично осветљење
  - Осветљене зграде и билборди
  - Саобраћајна светла
- Око 80% светске популације живи у областима погођеним светлосним загађењем, а у Европи и САД чак 99% становништва не може да види Млечни пут са својих локација.





# ИЗВОРИ



# ПОСЛЕДИЦЕ

- На астрономију:
  - Светлосно загађење спречава астрономе да посматрају звезде и галаксије.
- На природу:
  - Нарушава ноћне активности животиња, попут птица и морских корњача.
- На људе:
  - Вишак светлости може изазвати поремећаје сна и стрес.

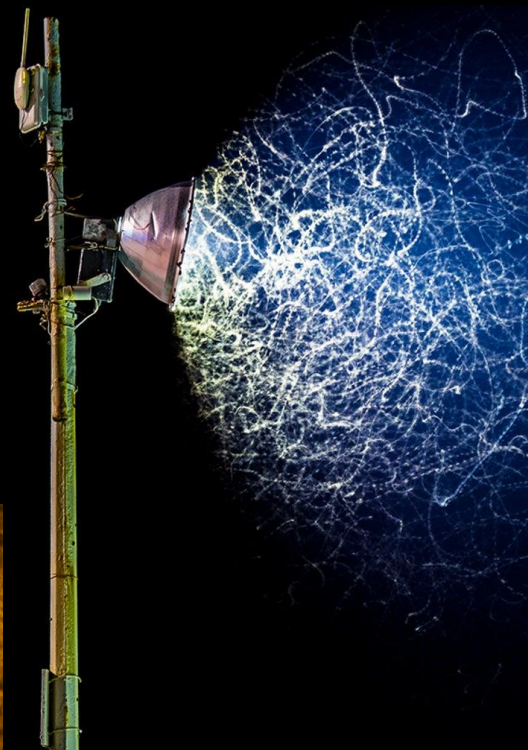


## Harmful effects on wildlife

Light pollution harms mammals, birds, amphibians, insects, and reptiles. It can decrease reproduction, disrupt migration, increase predation, and more.



# ПОСЛЕДИЦЕ





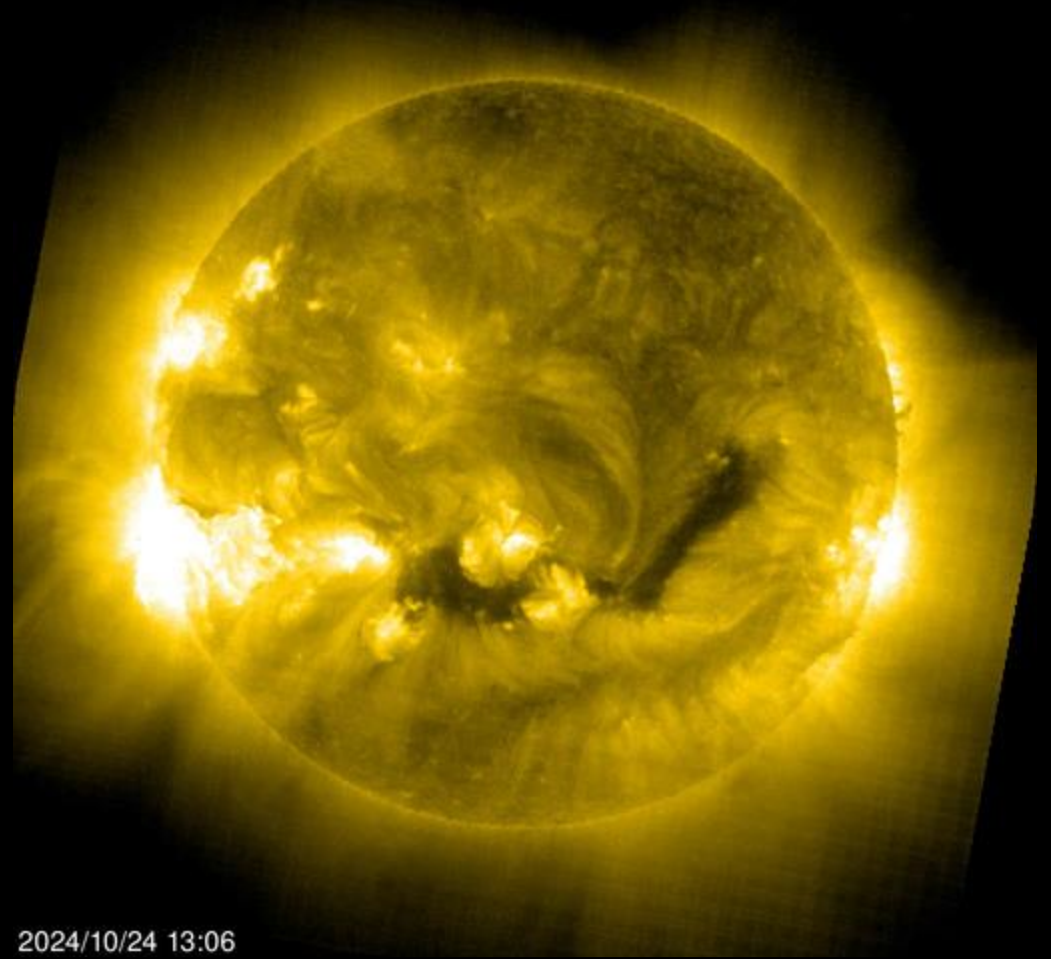
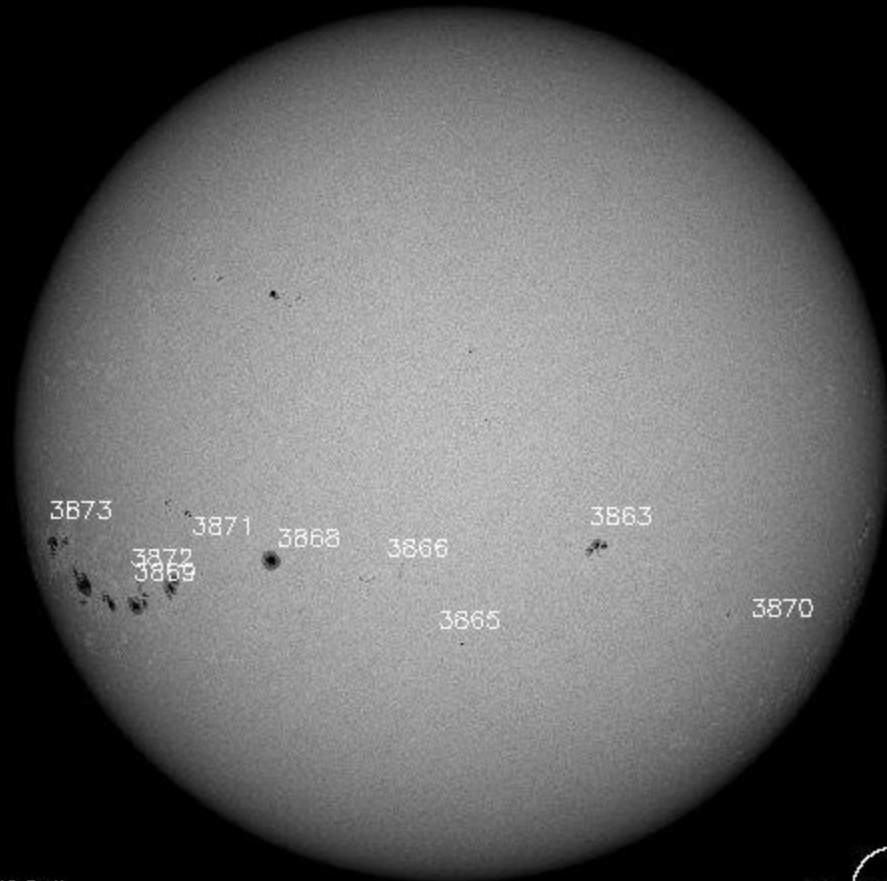
# ПОСЛЕДИЦЕ – БЕЗБЕДНОСТ!





# „СЕНКА“ НА СУНЦУ

SDO HMI 25-Oct-2024



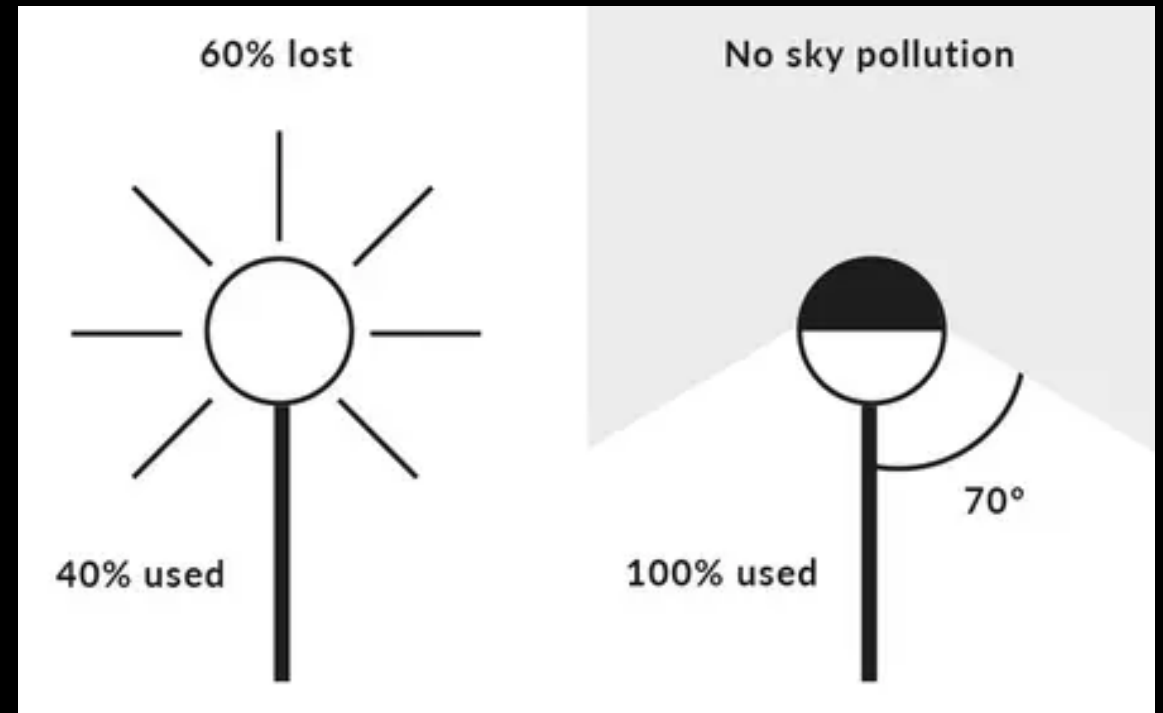
10 Earth



2024/10/24 13:06

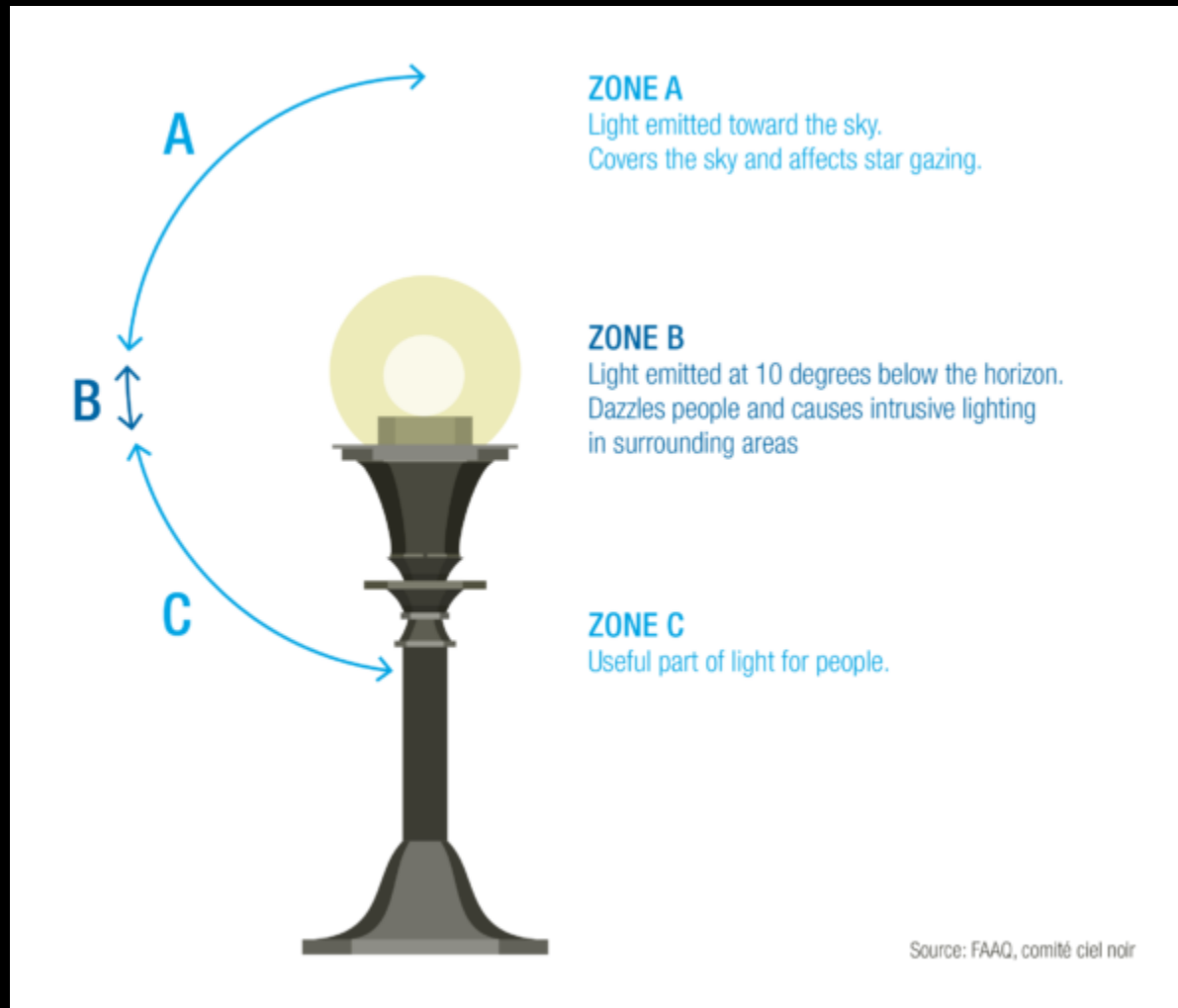
# КАКО СМАЊИТИ?

- Постављање штитника на лампе да спрече ширење светлости према горе.
- Користити светло када је заиста потребно - смањење броја упаљених лампи.
- Избор топлијих боја светлости - наранџаста или жута светлост смањује одсјај у поређењу са плавом светлошћу.
- Тамна подручја у свету постају „резервати тамног неба” који промовишу заштиту ноћног неба.





# КАКО СМАЊИТИ?



# КАКО СМАЊИТИ?



**VERY BAD**

**BAD**

**BETTER**

**BEST**



# КАКО МЕРИМО СВЕЛОСНО ЗАГАЂЕЊЕ?

- Светлосно загађење можемо мерити коришћењем посебних инструмената и јединица које нам показују колико светлости има у одређеном подручју.
- Најчешће јединице:
  - **Лукс (lx)** - мери колико светлости пада на површину.
  - **Магнитуде по квадратном лучном секунду (mag/arcsec<sup>2</sup>)** - показује колико је небо тамно; што је број већи, то је небо тамније.

# ШТА ЈЕ МАГНИТУДА?

- „Звездана величина“ или магнитуда
- Магнитуда је мера сјаја звезда и других небеских тела на небу.
- Ову величину увео је грчки астроном Хипарх, касније унапредио Птолемеј,
  - Класификовао звезде од 1. до 6. магнитуде
  - звезде прве магнитуде најсјајније.
- **Мања магнитуда значи већи сјај**
- Људско око види звезде до магнитуде око +6.
- Магнитуда је сада дефинисана прецизније, тако да **разлика од 5 магнитуда значи разлику у сјају од 100 пута.**



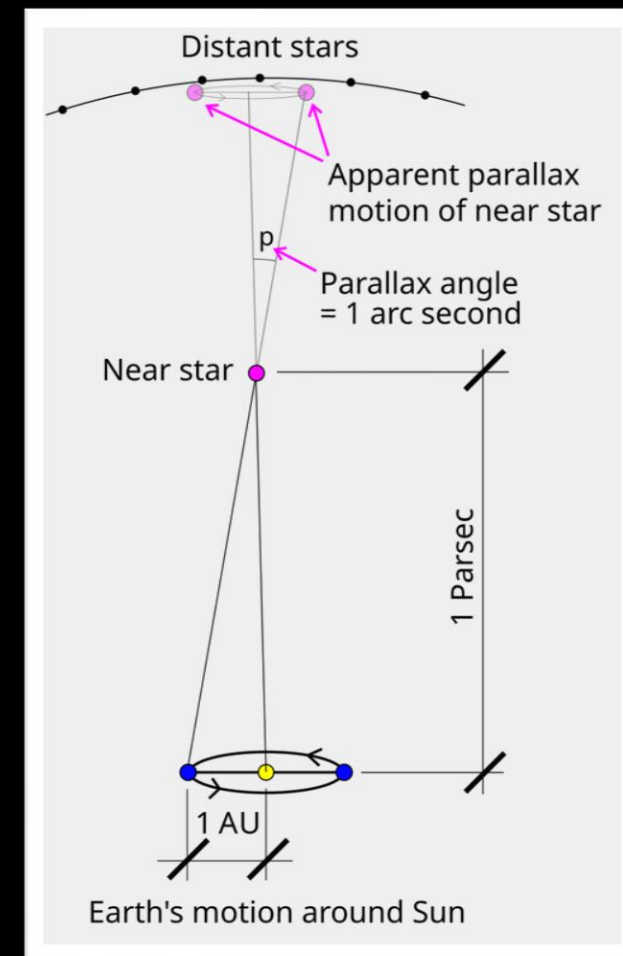
# МАГНИТУДА И УДАЉЕНОСТ ЗВЕЗДА

- Привидна и апсолутна магнитуда:
  - Привидна магнитуда ( $m$ ) - како звезда изгледа са Земље.
  - Апсолутна магнитуда ( $M$ ) - сјај звезде са удаљености од 10 парсека.






$$1 \text{ pc} = 3,261563 \text{ sg} = 206.264,806245 \text{ aj} = 3,08568 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

- Ако знамо привидну и апсолутну магнитуду, удаљеност до звезде ( $d$  у парсецима) можемо израчунати:

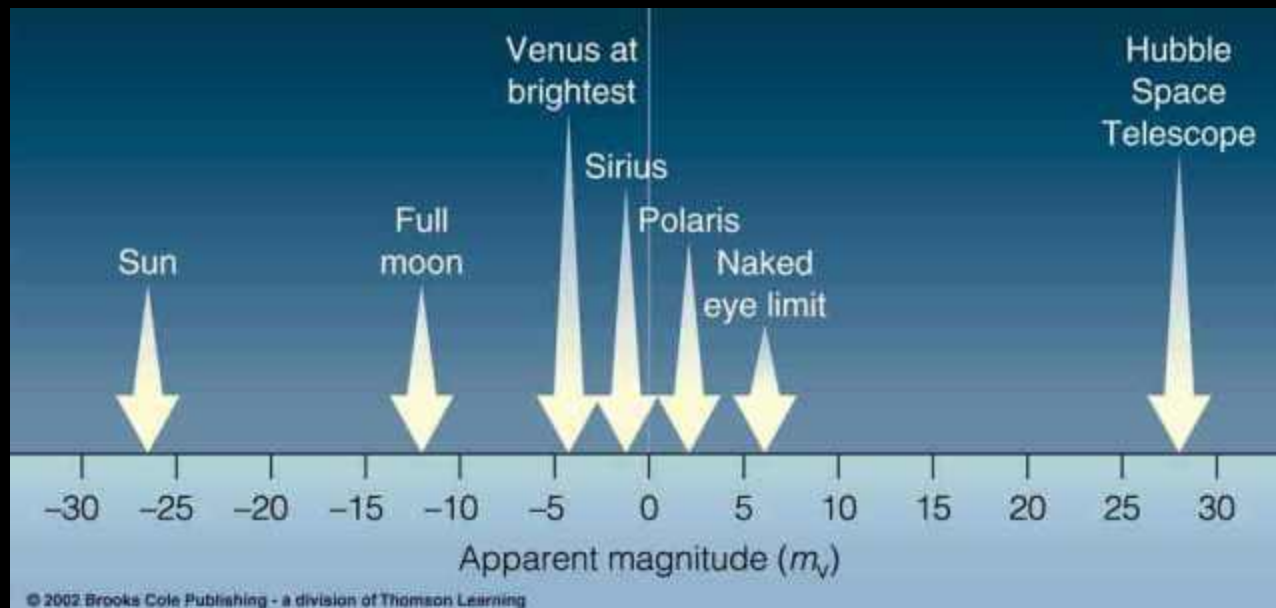
$$d = 10^{\frac{m-M+5}{5}}$$



# МАГНИТУДЕ НЕКИХ ОБЈЕКАТА

<b>Mag. 1</b>		
<b>Mag. 2</b> x 2.5 dimmer		<b>x 2.5</b>
<b>Mag. 3</b> x 2.5 dimmer		<b>x 6.25</b>
<b>Mag. 4</b> x 2.5 dimmer		<b>x 16</b>
<b>Mag. 5</b> x 2.5 dimmer		<b>x 40</b>
<b>Mag. 6</b> x 2.5 dimmer		<b>x 100</b>

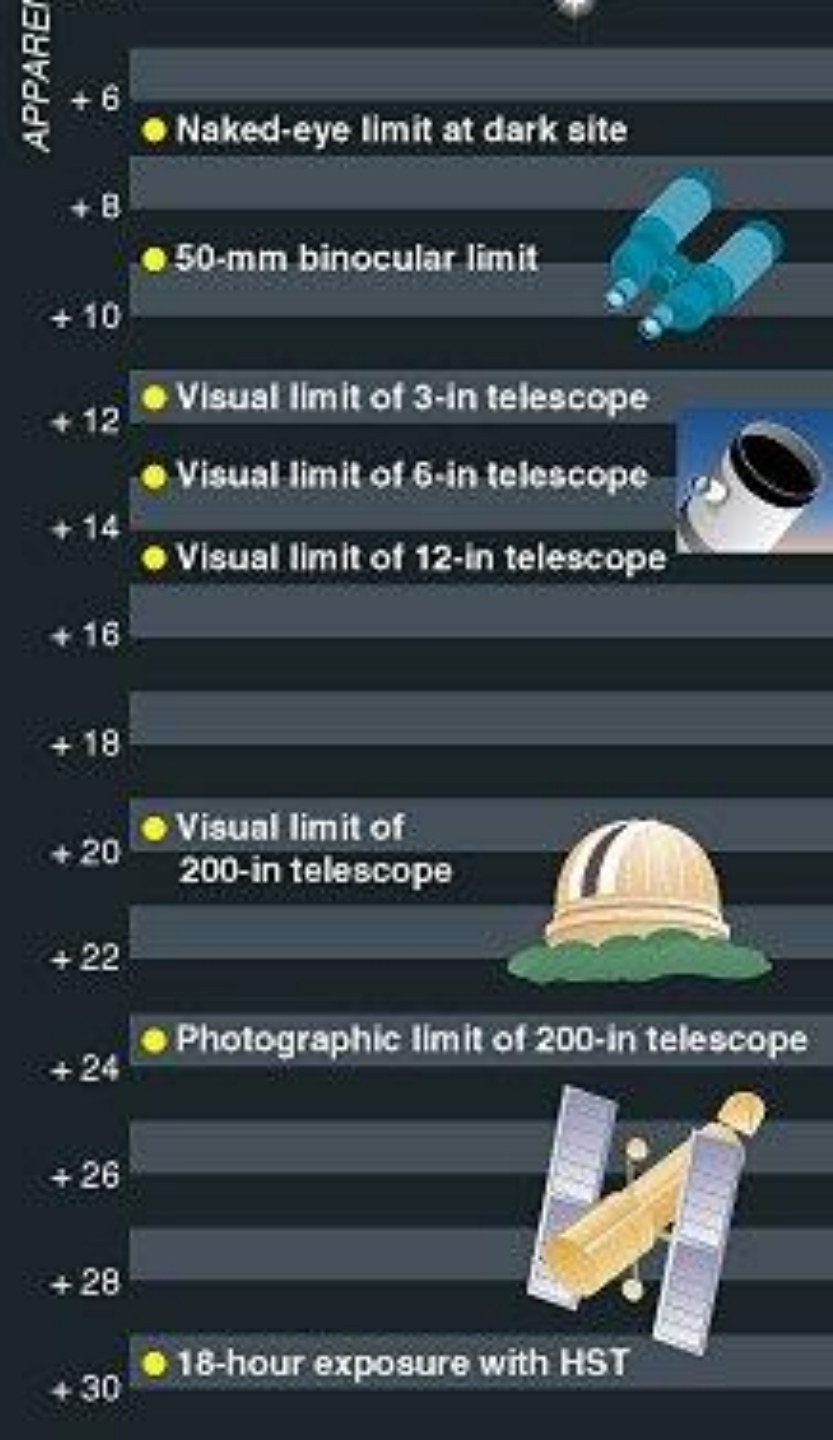
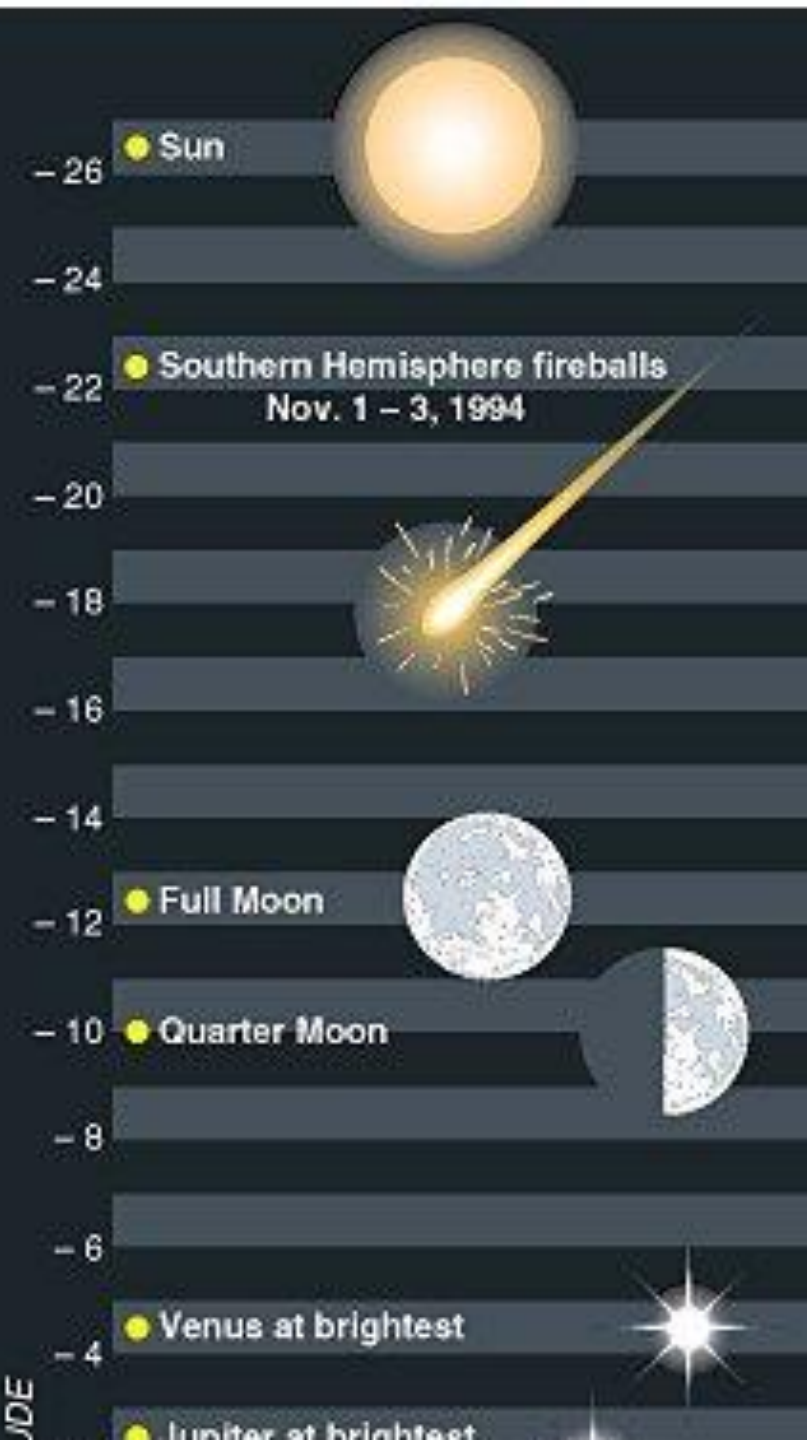
$$2,51^5 = 99,63 \approx 100 \text{ пута}$$



$$\text{JWST} - +34 \text{ mag}$$
$$(34 - (-26)) = 60$$

$$2,51^{60} \approx 10^{24}$$





# ИНСТРУМЕНТИ ЗА МЕРЕЊЕ

- Мерачи светлосног загађења (нпр. Sky Quality Meter - SQM):
  - Уређаји који мере „тамноћу“ неба и приказују резултат у  $\text{mag/arcsec}^2$ .
- Мобилни телефони:
  - Одређене апликације могу да измере лукс и дају основну процену светлосног загађења.
- Sky Quality Meter (SQM) показује вредности у распону од 16 до 22  $\text{mag/arcsec}^2$ .
  - Вредност од 20-22 указује на веома тамно небо, погодно за астрономска посматрања.

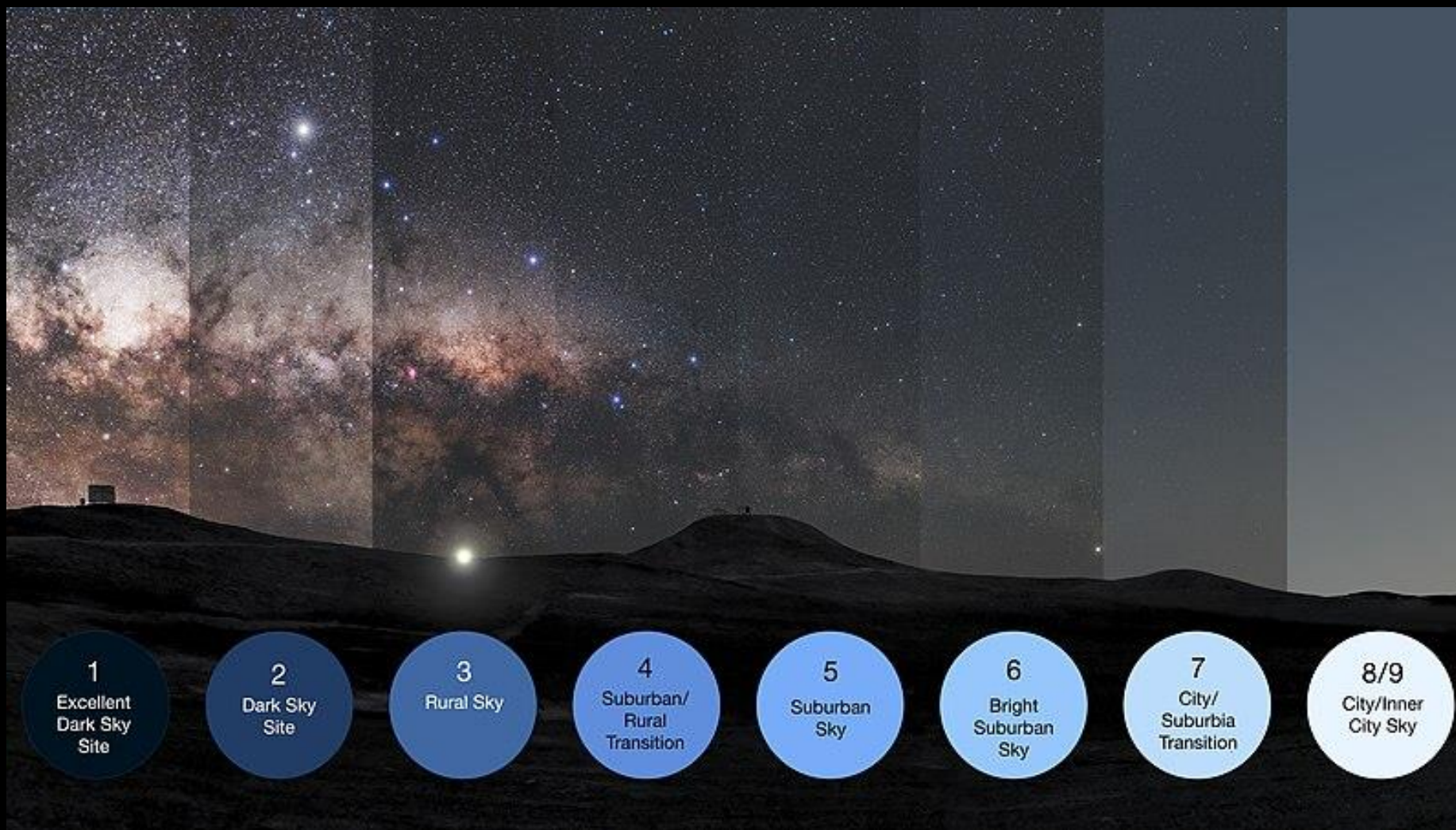




# БОРТЛОВА СКАЛА

- Бортле скала је систем који мери квалитет ноћног неба и степен светлосног загађења.
- Развио ју је Џон Бортле 2001. године, а користи се да би се проценила видљивост звезда и Млечног пута у различитим условима.
- Кључне категорије:
  - 1. класа (Изузетно тамно небо) - Најмрачнија места на Земљи, где је Млечни пут јасно видљив и обилује детаљима.
  - 4. класа (Приградско небо) - Млечни пут је видљив али без детаља, а небо има приметан сјај од оближњих градова.
  - 9. класа (Урбано небо) - Небо је осветљено светлосним загађењем, скоро да се не виде звезде.
- Бортле скала нам помаже да разумемо квалитет неба и идентификујемо локације са најмањим светлосним загађењем за астрономска посматрања.

# БОРТЛОВА СКАЛА

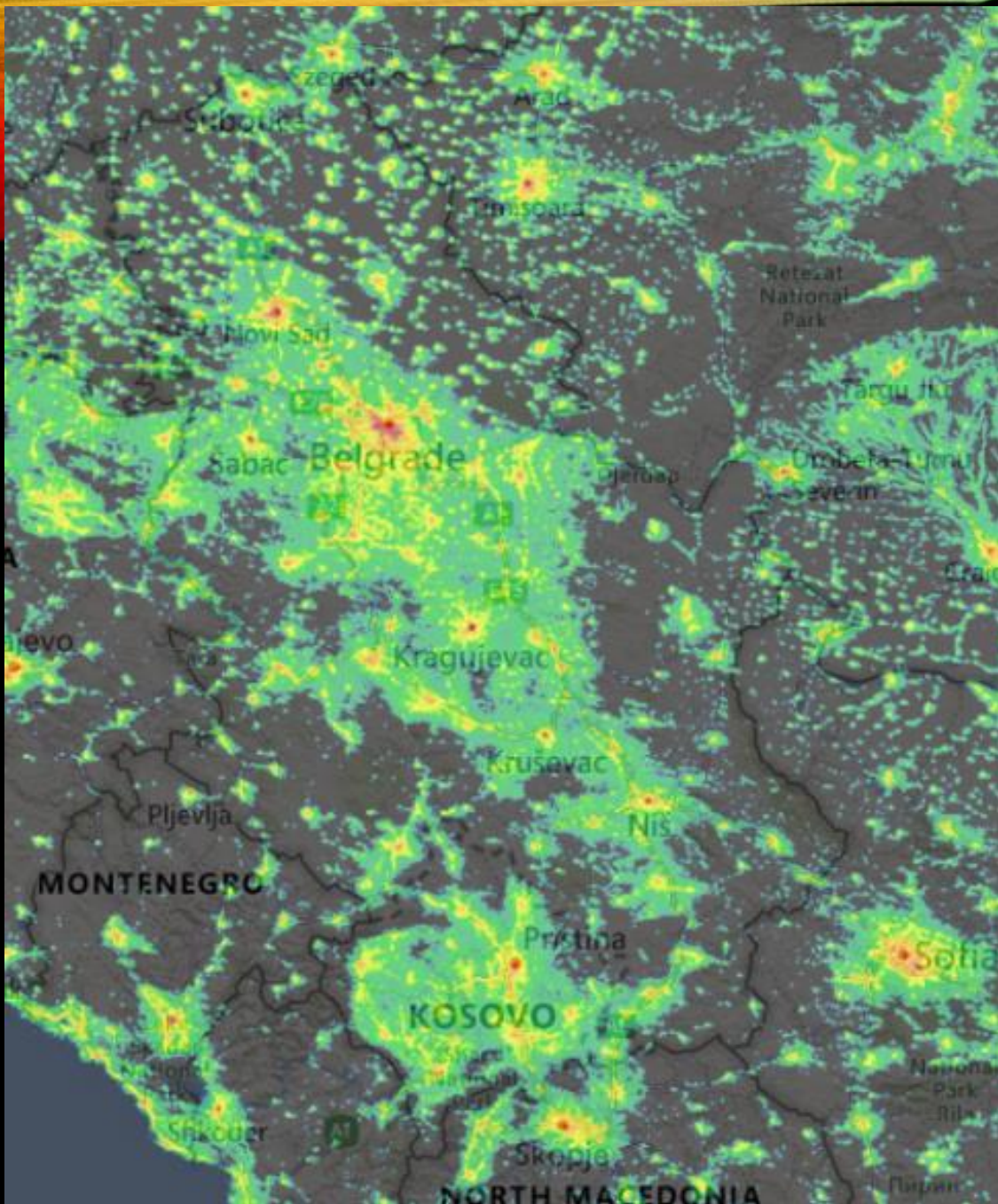





# КАРТА СВЕТЛОСНОГ ЗАГАЂЕЊА

<https://www.lightpollutionmap.info/>

<https://play.google.com/>




**LIGHT POLLUTION MAP**  
FIND DARK SKIES NEARBY... AND MUCH MORE



**Light Pollution Map -  
Dark Sky**

Dunbar Technology, LLC  
In-app purchases

 **4.9★** 6.1K reviews | **100K+** Downloads | **PEGI 3**

[Install on more devices](#) [Share](#)

This app is available for all of your devices

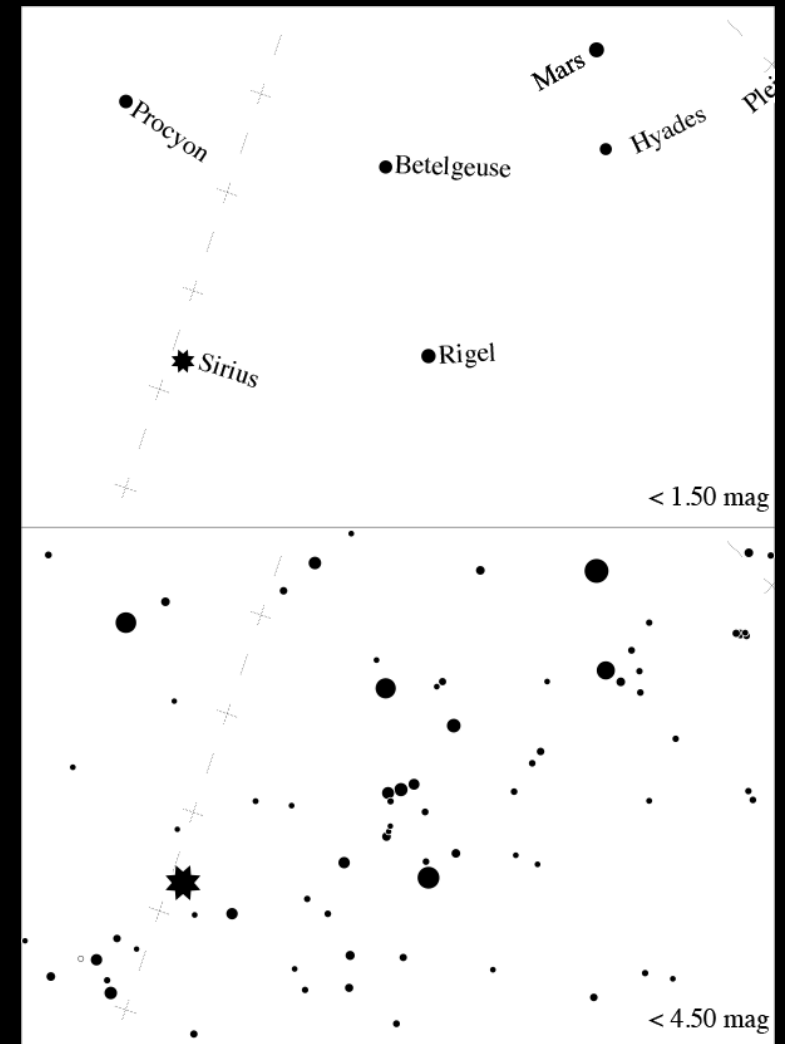
**"THE BEST DARK SITE FINDER ON ANDROID AND IOS..."**

LIGHT POLLUTION, AURORAS, METEOR SHOWERS, LUNAR ECLIPSES... IT DOES IT ALL!

[▶ Trailer](#)

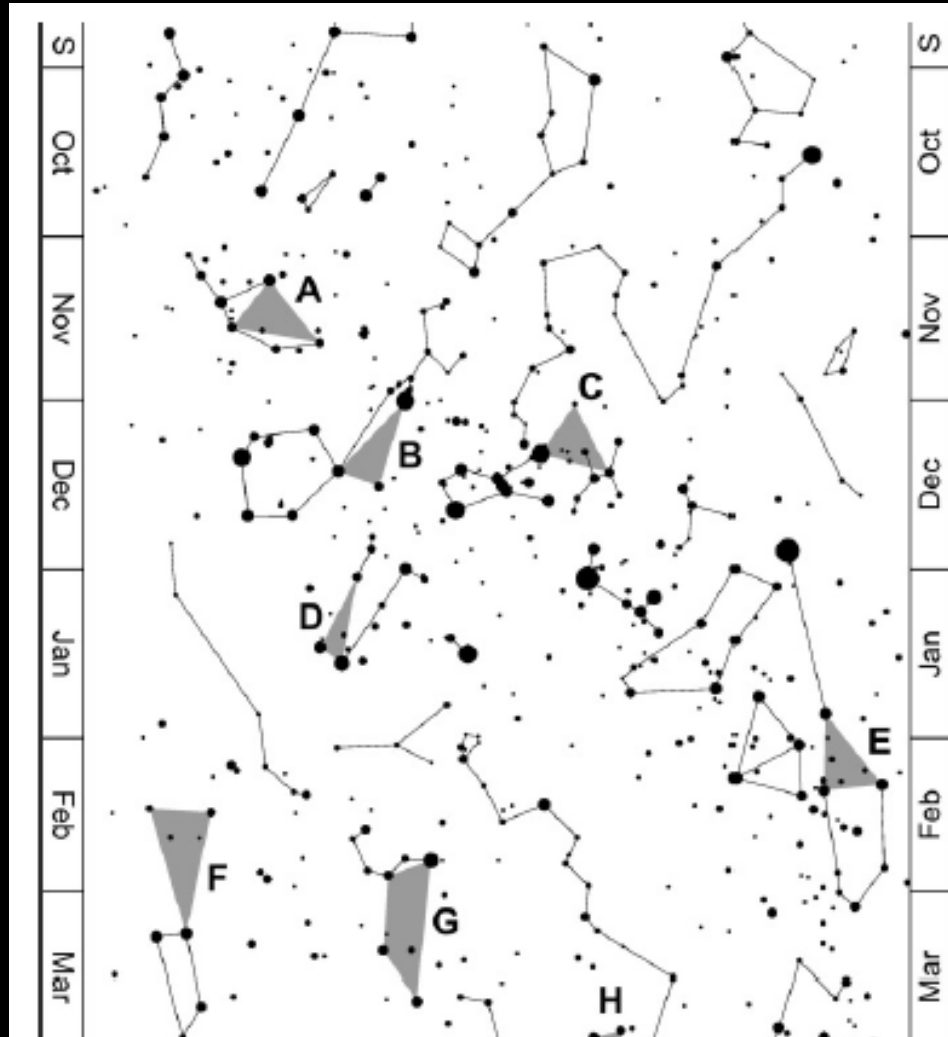
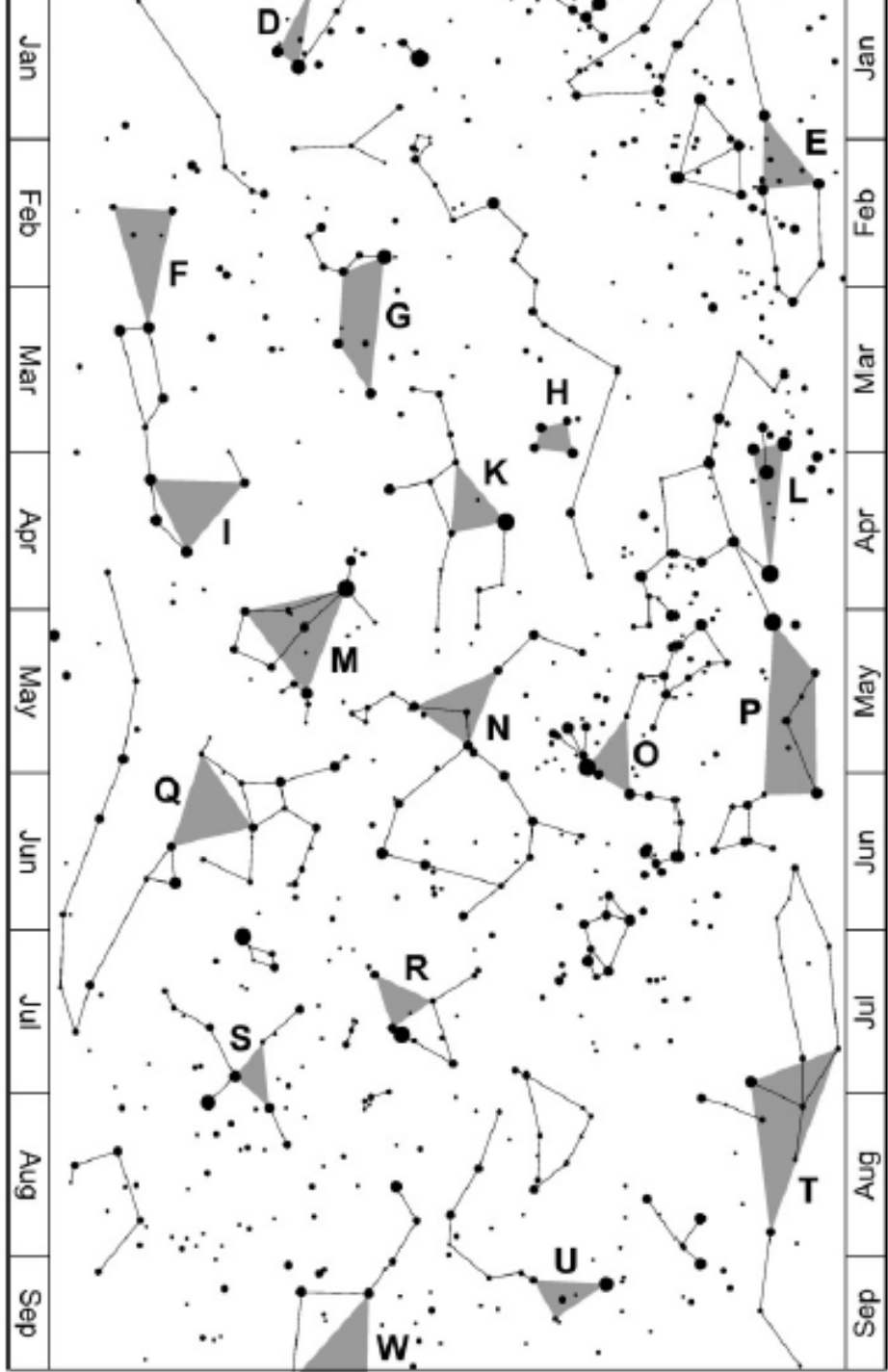
# МЕТОДА ВИЗУЕЛНОГ ПОСМАТРАЊА

- Гранична магнитуда звезда:
  - Једноставан начин за мерење светлосног загађења је одређивање најслабије звезде коју можемо видети ГОЛИМ ОКОМ.
- Процедура:
  - Посматрајте одређена сазвежђа и бележите које звезде можете видети.
- У оквиру пројекта „*Globe at Night*” (<https://globeatnight.org/>) грађани широм света пријављују своја мерења и помажу у стварању глобалне мапе светлосног загађења.



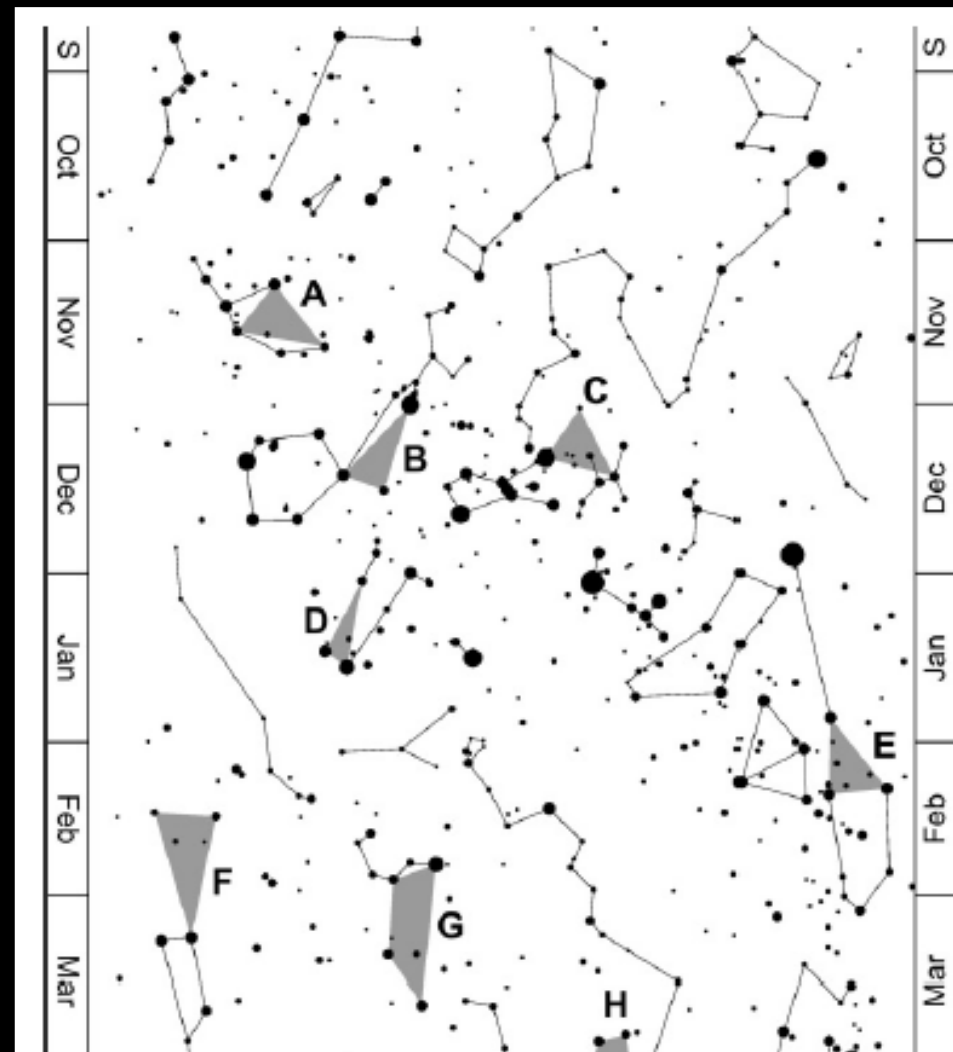


# ГРАНИЧНА МАГНИТУДА



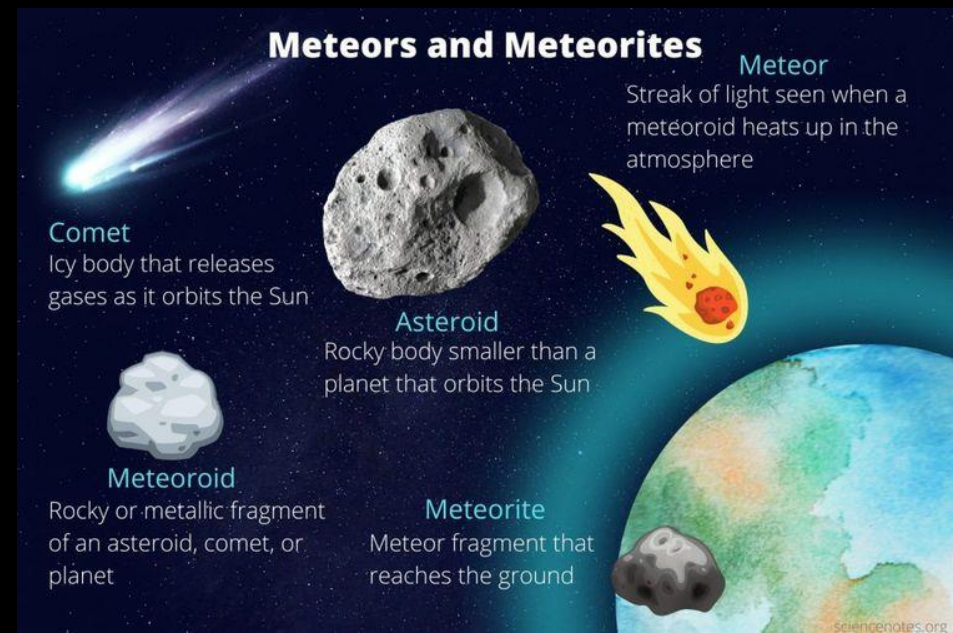
# ГРАНИЧНА МАГНИТУДА

Stars	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	W
1	2.1	1.0	0.3	1.2	1.7	2.4	1.4	2.6	1.8	1.1	0.6	0.2	2.6	1.1	0.0	2.8	2.7	2.2	1.9	1.2	2.1
2	2.9	1.7	2.8	2.0	2.0	3.2	2.1	2.7	1.9	2.7	1.3	2.2	2.6	2.3	1.9	3.1	3.0	2.5	2.9	3.3	2.5
3	3.0	3.0	3.3	3.0	2.3	3.7	2.2	3.0	2.9	3.4	1.6	2.4	2.7	4.0	2.8	3.9	3.4	3.9	3.4	3.7	2.8
4	3.8	4.6	3.9	3.8	3.8	3.8	2.6	3.0	4.7	4.4	1.7	3.0	3.6	5.3	2.9	4.8	4.5	4.7	3.7	4.0	4.7
5	5.0	4.9	4.3	5.0	4.0	4.5	3.3	5.2	5.2	5.8	4.3	3.6	5.1	5.4	3.8	5.1	5.2	4.7	4.0	4.5	5.1
6	5.2	5.0	4.4	5.1	4.0	4.6	4.4	5.8	5.6	5.8	4.6	4.5	5.2	5.5	3.9	5.5	5.3	4.8	4.2	4.7	5.5
7	5.6	5.1	4.5	5.3	4.3	4.8	4.8	6.0	5.8	5.9	4.6	4.5	5.4	5.8	4.1	5.7	5.5	4.9	5.8	5.5	5.6
8	5.6	5.3	4.8	5.8	5.5	5.1	5.4	6.4	5.9	5.9	4.6	4.8	5.4	5.9	4.9	5.8	6.0	5.1	5.9	5.7	5.8
9	5.8	5.4	5.5	5.8	5.5	5.2	5.4	6.6	5.9	6.0	4.7	4.8	5.5	6.0	5.1	5.9	6.0	5.4	5.1	6.0	6.1
10	5.8	5.5	5.5	5.8	5.8	5.5	5.5	6.8	6.1	6.0	4.9	4.9	5.5	6.1	5.1	6.0	6.3	5.6	5.2	6.3	6.1
11	6.0	5.7	5.7	6.2	5.8	5.7	5.5	7.1	6.4	6.1	5.5	5.3	5.6	6.2	5.1	6.1	6.4	5.6	5.2	6.3	6.2
12	6.0	5.8	5.7	6.4	6.4	5.7	5.6	7.3	6.5	6.4	5.8	5.5	5.9	6.3	5.2	6.1	6.7	5.9	5.6	6.4	6.3
13	6.1	6.1	5.7	6.5	6.4	5.8	5.7	7.3	6.6	6.4	5.8	5.7	6.3	6.4	5.2	6.2	6.7	5.9	5.6	6.8	6.3
14	6.4	6.2	5.7	6.5	6.5	6.0	5.9	7.4	6.7	6.6	6.0	5.8	6.3	6.5	5.3	6.2	6.8	6.0	5.8	6.8	6.3
15	6.4	6.3	5.8	6.7	6.5	6.2	6.1	7.4	6.8	6.6	6.2	5.8	6.5	6.6	5.5	6.3	6.8	6.3	5.9	7.0	6.3
16	6.5	6.3	6.0	6.8	6.6	6.3	6.2	7.4	6.8	6.7	6.2	5.9	6.5	6.6	5.7	6.3	6.9	6.3	6.1	7.1	6.4
17	6.5	6.4	6.0	6.8	6.7	6.4	6.3	7.5	6.8	6.7	6.2	5.9	6.5	6.6	5.8	6.4	6.9	6.3	6.2	7.3	6.5
18	6.5	6.5	6.1	7.0	6.9	6.4	6.3	6.8	6.8	6.4	6.0	6.7	6.9	5.8	6.4	7.0	6.3	6.2	7.4	6.5	6.5
19	6.5	6.6	6.2	7.0	6.9	6.5	6.3	7.0	6.9	6.6	6.0	6.9	6.9	5.9	6.5	7.0	6.4	6.3	7.5	6.5	6.5
20	6.6	6.7	6.2	7.0	6.9	6.5	6.4	7.0	7.0	6.6	6.0	6.9	7.0	5.9	6.5	7.1	6.5	6.3	7.5	6.6	6.6
21	6.6	6.8	6.3	7.1	7.0	6.5	6.4	7.0	7.1	6.7	6.1	6.9	7.0	6.0	6.6	7.1	6.5	6.4	7.5	6.6	6.6
22	6.7	6.8	6.4	7.1	7.0	6.6	6.5	7.1	7.1	6.7	6.1	7.0	7.0	6.0	6.7	7.1	6.6	6.4	7.5	6.6	6.6
23	6.7	6.9	6.4	7.2	7.1	6.7	6.6	7.1	7.2	6.7	6.1	7.0	7.1	6.0	6.7	7.1	6.7	6.4	6.6	6.6	6.6
24	6.7	6.9	6.4	7.2	7.1	6.8	6.6	7.2	7.2	6.7	6.2	7.0	7.1	6.1	6.7	7.1	6.7	6.5	6.6	6.6	6.6
25	6.8	7.0	6.5	7.4	7.2	6.8	6.8	7.3	7.2	6.8	6.3	7.0	7.1	6.1	6.8	7.1	6.8	6.6	6.7	6.7	6.7
26	6.8	7.2	6.5	7.5	7.2	6.9	6.8	7.3	7.2	6.9	6.3	7.1	7.2	6.1	6.8	7.3	6.9	6.7	6.7	6.7	6.7
27	6.9	7.2	6.5	7.5	7.2	7.0	6.8	7.3	7.3	6.9	6.4	7.2	7.3	6.2	6.9	7.3	6.9	6.7	6.7	6.7	6.7
28	6.9	7.2	6.7	7.5	7.2	7.0	6.9	7.4	7.3	7.0	6.4	7.2	7.4	6.2	6.9	7.4	7.0	6.7	6.7	6.7	6.7
29	6.9	7.2	6.7	7.5	7.3	7.1	7.0	7.5	7.3	7.0	6.4	7.2	7.5	6.2	6.9	7.4	7.0	6.8	6.7	6.7	6.7
30	7.0	7.3	6.7	7.3	7.1	7.0	7.0	7.5	7.3	7.1	6.4	7.2	7.2	6.2	7.0	7.4	7.0	6.8	6.7	6.7	6.7
31	7.0	7.3	6.8	7.3	7.1	7.0	7.0	7.3	7.1	6.6	7.2	7.2	7.2	6.2	7.0	7.4	7.0	6.8	6.7	6.7	6.7
32	7.0	6.8	7.4	7.2	7.1	7.1	7.1	7.4	7.1	6.7	7.3	7.3	7.3	6.2	7.0	7.4	7.1	6.9	6.8	6.8	6.8
33	7.1	7.0	7.4	7.2	7.1	7.1	7.1	7.4	7.2	6.7	7.3	7.3	7.3	6.3	7.1	7.5	7.1	6.9	6.9	6.9	6.9
34	7.2	7.0	7.4	7.2	7.1	7.1	7.1	7.2	6.7	7.3	7.3	7.3	7.3	6.3	7.2	7.5	7.1	6.9	6.9	6.9	6.9
35	7.2	7.0	7.4	7.2	7.1	7.1	7.1	7.2	6.8	7.3	7.3	7.3	7.3	6.3	7.2	7.1	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
36	7.2	7.1	7.4	7.3	7.1	7.1	7.1	7.2	6.8	7.3	7.3	7.3	7.3	6.3	7.2	7.1	6.9	7.1	6.9	7.1	7.1
37	7.2	7.1	7.4	7.3	7.1	7.1	7.1	7.3	6.8	7.3	7.3	7.3	7.3	6.4	7.4	7.3	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1
38	7.2	7.1	7.5	7.4	7.1	7.1	7.1	7.3	6.8	7.3	7.3	7.3	7.3	6.4	7.4	7.3	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1
39	7.2	7.2	7.5	7.4	7.1	7.1	7.1	7.3	6.8	7.4	7.4	7.4	7.4	6.4	7.4	7.3	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1
40	7.2	7.2	7.4	7.2	7.2	7.2	7.2	7.3	6.9	7.4	7.4	7.4	7.4	6.4	7.4	7.3	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
41	7.2	7.2	7.5	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	6.9	7.4	7.4	7.4	7.4	6.5	7.5	7.3	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
42	7.3	7.3	7.5	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	6.9	7.4	7.4	7.4	7.4	6.5	7.5	7.3	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
43	7.3	7.3	7.5	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	7.0	7.4	7.4	7.4	7.4	6.5	7.5	7.3	7.1	7.2	7.2	7.2	7.2
44	7.3	7.3	7.5	7.3	7.3	7.3	7.3	7.5	7.0	7.4	7.4	7.4	7.4	6.6	7.5	7.4	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
45	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.5	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	6.6	7.5	7.4	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
46	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.6	7.5	7.4	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3
47	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.6	7.4	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
48	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.6	7.4	7.2	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
49	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.6	7.4	7.2	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
50	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.7	7.5	7.2	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4





# ПРИМЕНА У АСТРОНОМИЈИ?




# АПЛИКАЦИЈЕ

- Stellarium, <https://stellarium.org/>


**Stellarium Mobile - Star Map**  
Stellarium Labs  
In-app purchases

A realistic sky map to observe stars, planets, satellites and constellations!


 **4.9★** | 203K reviews | **10M+** Downloads | PEGI 3

[Install on more devices](#)


**The most realistic sky at any time**




**Point your phone to spot planets**



**Learn the constellations**




**See satellite overh...**




**phyphox**  
RWTH Aachen University

Perform physics experiments with your phone. (by the RWTH Aachen University)

 **4.8★** | 6.74K reviews | **1M+** Downloads | PEGI 3

[Install on more devices](#)





# АПЛИКАЦИЈЕ

## Loss of the night

Pocket Science Citizen Science apps

Count stars for science! Help track how light pollution is changing worldwide.



50K+

Downloads



PEGI 3

Install on more devices



## Good To Stargaze

Good To Forecast

In-app purchases

Weather, seeing, transparency, and light pollution



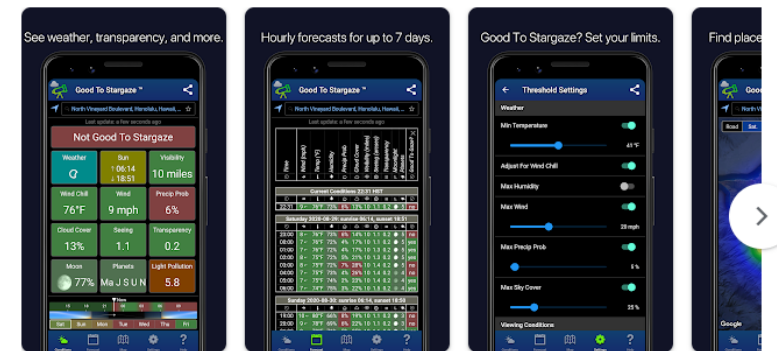
50K+

Downloads



PEGI 3

Install on more devices



# ЗАШТО ЈЕ ВАЖНО МЕРИТИ?

- Мерење светлосног загађења нам помаже да:
  - Пратимо промене у квалитету неба током времена.
  - Заштитимо подручја са тамним небом за астрономију и природу.
  - Планирамо осветљење у урбаним подручјима како бисмо смањили непотребно осветљење.
- „Учествујте у мерењу светлосног загађења у вашем подручју и допринесите заштити ноћног неба!”





Kometa C/2023 A3 iznad Niša  
fotografije: Irina Cvetković, [@astronauka](#))

# Light Pollution

## What is it?



... which lights up the environment + creates 'sky glow'

## Why is it a problem?

Affects feeding, navigation, migration



Direct light + sky glow affects wildlife



Animals use moon + star light to navigate



Obscures moon and stars



Wastes energy



## What can we do?

Only use outdoor lights when needed



Choose warmer colours



For functional lighting: keep it directional



Produced by Exeter Science Centre for Dark Skies Week 2022

Visit our website for references + more information:



THE EXETER SCIENCE CENTRE





# ПИТАЊА?

- **Милан Милошевић**  
Департман за физику  
Природно-математички факултет у Нишу
- [milan.milosevic@pmf.edu.rs](mailto:milan.milosevic@pmf.edu.rs)
- [www.svetnauke.org](http://www.svetnauke.org)
- [www.mmilan.com](http://www.mmilan.com)
- [fizika.pmf.ni.ac.rs](http://fizika.pmf.ni.ac.rs)
- [www.alfa.org.rs](http://www.alfa.org.rs)



[www.pabfiz.com](http://www.pabfiz.com)