ЛЕКЦИЯ 1

Кіріспе және спутниктік метеорологияның негіздері



Турсумбаева Мадина Оразгазиевна
PhD, аға оқытушы
Метеорология және Гидрология кафедрасы

Дәрістің мақсаты және оқу нәтижелері

Дәрістің мақсаты

Жерсеріктік метеорологияның пәні мен мүмкіндіктерін таныстыру, жерсерік орбиталарының түрлерін және электромагниттік сәулеленудің негізгі заңдылықтарын түсіндіру.

Оқу нәтижелері

Дәрісті меңгерген студент:

1. жерсеріктік бақылаудың радар мен радиозондтан артықшылығын түсіндіреді;
2. Кеплердің үшінші заңы негізінде орбита биіктігі мен айналу кезеңінің байланысын сипаттайды;
3. төменгі (LEO, күн-синхронды) және геостационарлық (GEO) орбиталардың артықшылықтары мен кемшіліктерін салыстырады;
4. толқын ұзындығы мен жиіліктің арақатынасын және электромагниттік спектр диапазондарын ажыратады;
5. Планк және Стефан–Больцман заңдарын дененің температурасы мен сәулеленуін байланыстыруға қолданады.

Бұл сабақ туралы

- Спутниктерге шолу
- Meteosat-9 және SLIDER-ге кіріспе
- Бұлттар
- Қауіпті ауа райы
- Ауа сапасы және шаң
- Өрттер
- Су тасқыны
- Авиацияға қауіптер

- Google Engine
- Метеорологиялық радарлар
- Мини-проект

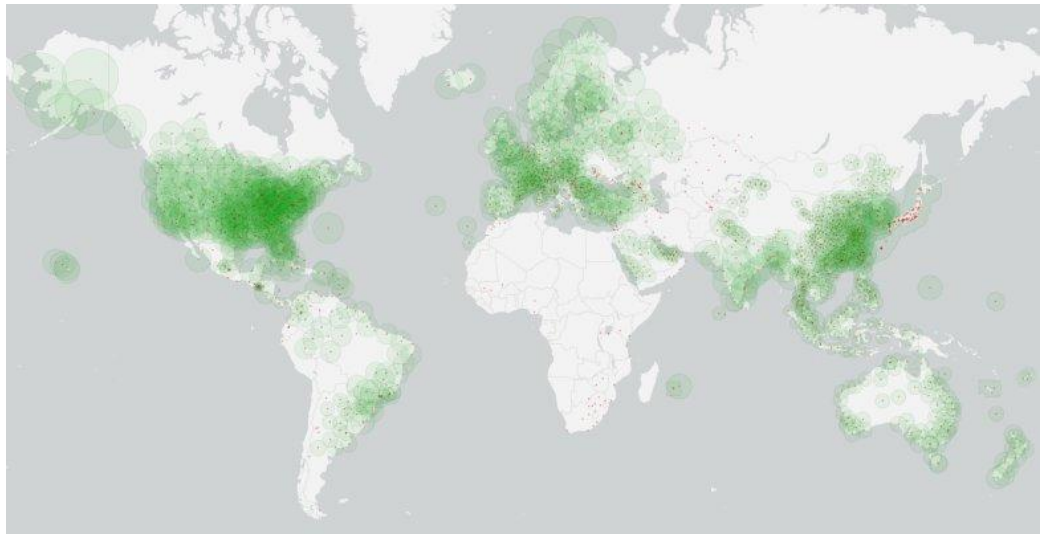
	1 МОДУЛЬ. МЕТЕОРОЛОГИЯДАҒЫ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУҒА КІРІСП
1	**1-Д.** Қашықтықтан зондтаудың негізгі принциптері. Электромагниттік спектр және оның метеорологиядағы қолданылуы.
	1-СС Спутниктік деректерге шолу (LEO vs. GEO).
2	**2-Д.** Спутниктік зондтаудың физикалық негіздері.
	2-СС. Meteosat-9 негізгі арналарын талдау.
3	**3-Д.** Спутниктік бақылаулардың негіздері.
	3-СС. Спутниктік деректер арқылы бұлттар мен қар жамылғысын анықтау.
	1-ОСӨЖ. 1-СӨЖ орындау бойынша консультация.
	1-СӨЖ. Тақырып: «Спутниктік метеорологияның эволюциясы: алғашқы ұшырылымдардан қазіргі технологияларға дейін».
4	**4-Д.** Конвективті процестерді спутниктік бақылау.
	4-СС. Конвективті бұлттар және олармен байланысты құбылыстар.
5	**5-Д.** Ауа сапасын спутниктік деректер арқылы бақылау.
	5-СС. Спутниктік деректердегі ауа сапасын бағалау.
	2-ОСӨЖ. 1 СӨЖ қабылдау.
	1-СӨЖ. Тақырып: «Спутниктік метеорологияның эволюциясы: алғашқы ұшырылымдардан қазіргі технологияларға дейін».
6	**6-Д.** Орман өрттерін спутниктік бақылау әдістері.
	6-СС. Өрттерді бағалау және талдау.
7	7-Д. Авиациялық метеорологиялық қауіптерді спутниктік бақылау.
	7-СС. Авиациялық қауіптерді анықтау әдістері.
	3-ОСӨЖ. 2-СӨЖ орындау бойынша консультация.
	2-СӨЖ. Тақырып: «Google Earth мүмкіндіктерінің метеорологияда қолданылуы: спутниктік деректерді визуализациялау және талдау».

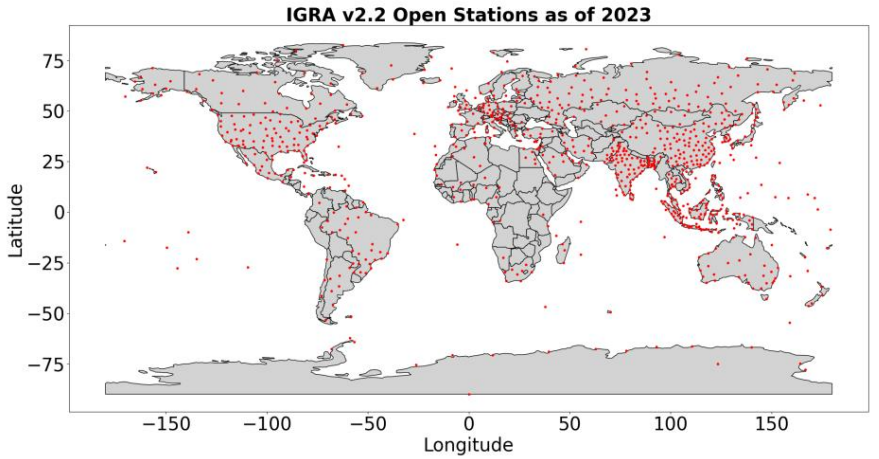
2-МОДУЛЬ. СПУТНИКТІК МЕТЕОРОЛОГИЯҒА АРНАЛҒАН GOOGLE EARTH ENGINE (G		
8	**8-Д.** Google Earth Engine (GEE) платформасына кіріспе.	
	8-СС. Landsat және Sentinel деректерін жүктеу және визуалдау.	
9	**9-Д.** Спутниктік деректерден жауын-шашын мен температураның уақыттық қатарларын талдау.	
	9-СС. Климаттық көрсеткіштерді уақыт бойынша өзгеруін зерттеу.	
	4-ОСӨЖ. 2 СӨЖ қабылдау.	
	2-СӨЖ. Тақырып: «Google Earth Engine мүмкіндіктерінің метеорологияда қолданылуы: спутниктік деректерді визуализациялау және талдау».	
10	**10-Д.** Ауа сапасы және оны спутниктік әдістермен бақылау.	
	10-СС. Google Earth Engine көмегімен Sentinel-5P деректерін өңдеу.	
3-МОДУЛЬ. МЕТЕОРОЛОГИЯДАҒЫ РАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУ		
11	**11-Д.** Радиолокациялық бақылаулардың негізгі принциптері.	
	11-СС. Қорытынды жобаға дайындық: жоба жоспарын дайындау.	
	5-ОСӨЖ. 3-СӨЖ орындау бойынша консультация.	
	3-СӨЖ. Тақырып: «Атмосфераны қашықтықтан зондтаудағы радиометеорологияның рөлі».	
12	**12-Д** Доплерлік радар және жел бақылаулары.	
	12-СС. Қорытынды жоба: деректерді жинау және талдау.	
13	**13-Д.** Радиолокациялық әдістер арқылы жауын-шашынды бағалау.	
	13-СС. Қорытынды жоба: нәтижелерді өңдеу және түсіндіру.	
	5-ОСӨЖ. 3-СӨЖ қабылдау.	
	3-СӨЖ. Тақырып: «Атмосфераны қашықтықтан зондтаудағы радиометеорологияның рөлі».	
14	**14-Д.** Радиолокациялық суреттердегі қолайсыз ауа райы жағдайлары.	
	14-СС. Қорытынды жоба: нәтижелерді сынып алдында қорғау.	
15	**15-Д.** Метеорологиялық жағдайларды радиолокациялық деректер арқылы талдау.	
	15-СС. Метеорологиялық жағдайларды талдау.	
	7-ОСӨЖ. Емтихан сұрақтары бойынша консультация.	

Бастайық!



Жерсеріктер басқалар істей алмайтын нәрсені жасай алады.

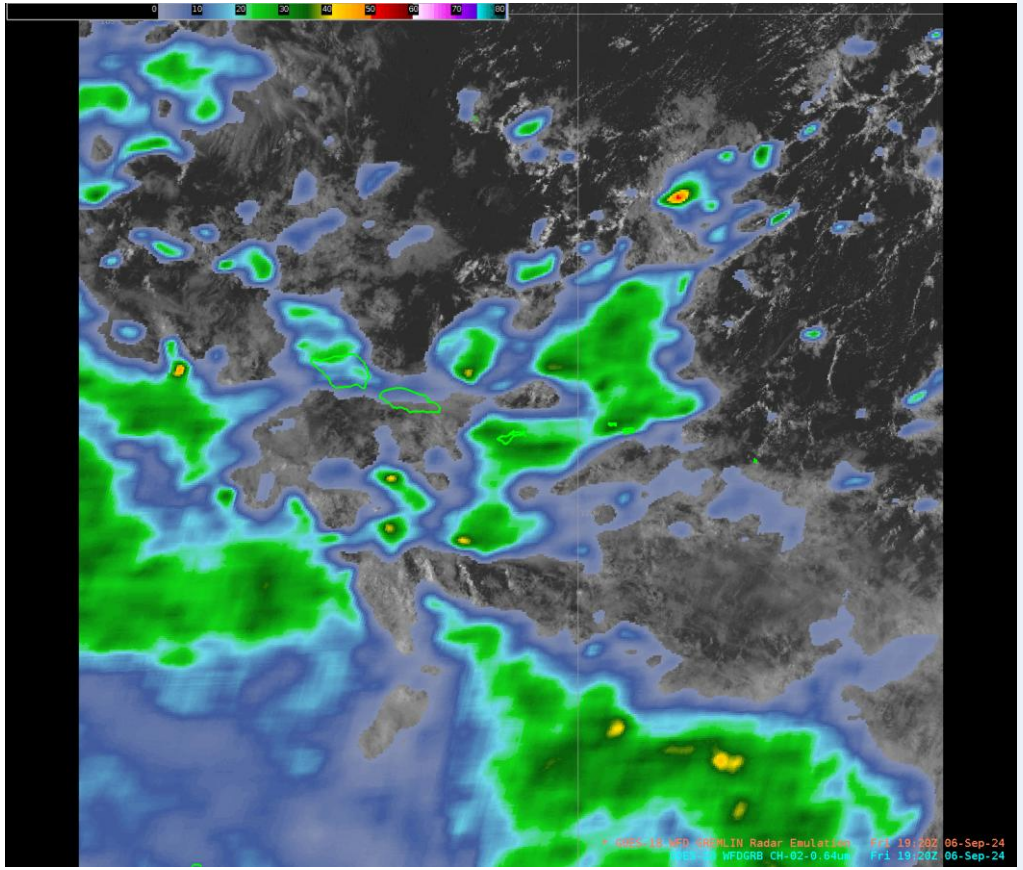




Радарлар тек шектеулі қашықтықты ғана көре алады.

Радиозондтар (ауа райы шарлары) адамдар мен ресурстарды қажет етеді.

Бұлт суреттері ғана емес!



Жерсеріктер бізге бұлттардың суреттерінен де әлдеқайда көп ақпарат береді.

- Бұлттың биіктігі
- Бұлттың қалыңдығы
- Жауын-шашынның жылдамдығы
- Оптикалық тереңдік
- Беттік жамылғы
- Беттік температуралар
- Аэрозоль концентрациялары
- Топырақ ылғалдылығы
- Қардың тереңдігі
- Желдің жылдамдығы мен бағыты
- Өрттің температурасы

- Және тағы басқалар!

Жерсерік орбиталары



Жерсерік орбиталары



Роналду допты алға қарай тебеді...

Жерсерік орбиталары



Роналду допты алға қарай тебеді...

...бірақ гравитация оны қайтадан жерге тартады.

Жерсерік орбиталары



Нәтижесінде қисық траектория пайда болады.

Жерсерік орбиталары



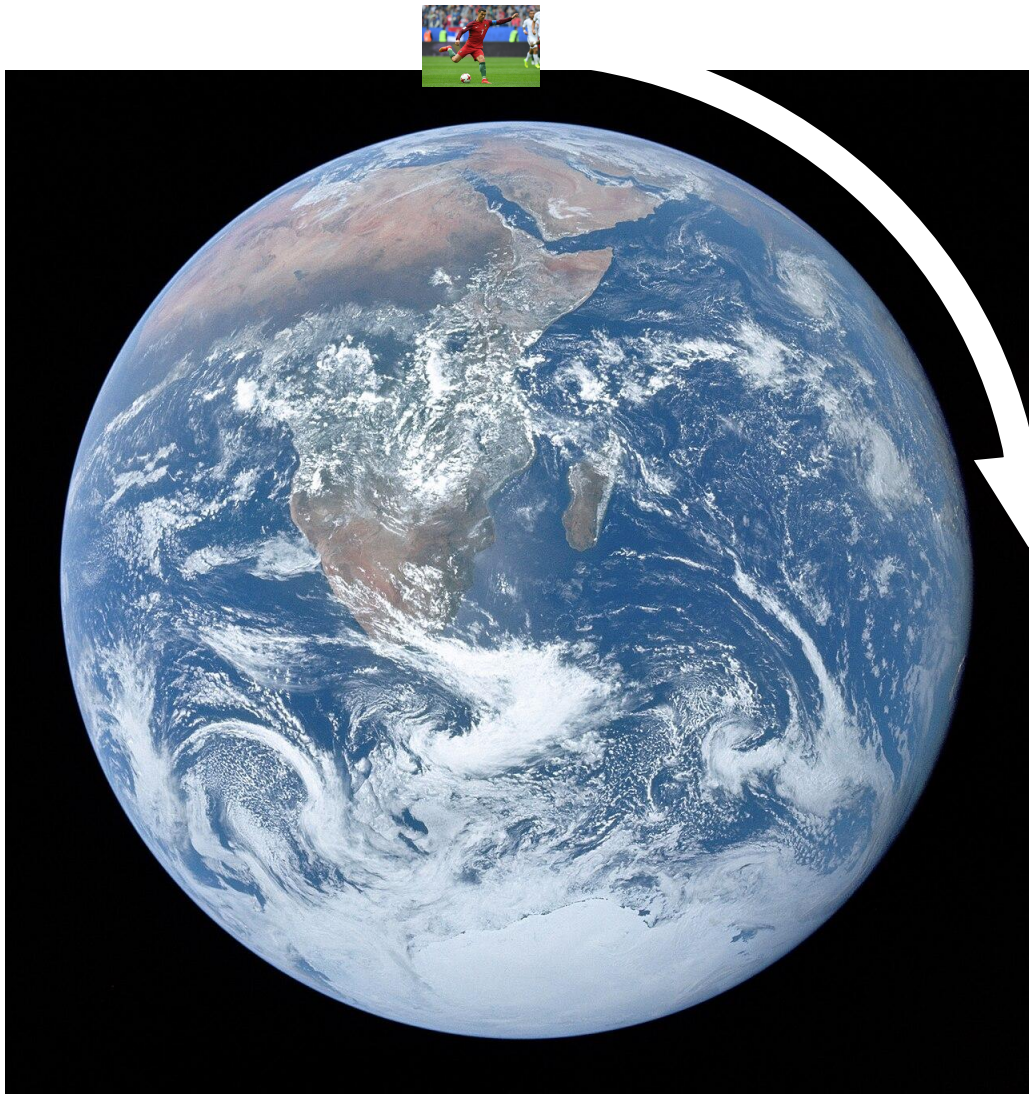
Бұл жолы ол допты қаттырақ тебеді.

Жерсерік орбиталары



Доп әрі қарай ұшады, бірақ әлі де қисық траекториямен қозғалады.

Жерсерік орбиталары



Егер жоғары көтеріліп, допты дәл дұрыс жылдамдықпен тебсеңіз, оның траекториясы Жер бетінің дәл сол қисығымен сәйкес келеді.

Ол Жерге түспейді.

Ол Жерді айналып орбитаға түседі!

Кішкене математика бар.

Кеплердің үшінші заңы

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(r_E + z)^3}{G\ M_E}}$$

Мұнда:

- T ол орбиталық кезең (бір орбитаны аяқтау уақыты)
- r_E ол Жердің радиусы
  - 6371 км
- z ол жерден жоғарыдағы спутниктің биіктігі
- G ол гравитациялық тұрақты
  - 6.67×10^{-11} Н м² кг⁻²
- M_E ол Жердің массасы
  - 5.97×10^{24} kg

Қысқаша айтқанда: спутник алыста болса, оның орбитасы ұзақ болады.

Орбиталардың мысалдары

Спутник	Биіктік	Кезең	
Восток I	250 км	89 мин	
Международная космическая станция	420 км	93 мин	
Global Positioning System	20 180 км	11 сағ 58 мин	
Ай	384 000 км	~28 күн	

Ауа райы спутниктері туралы не деуге болады?

Көптеген ауа райы спутниктерінің биіктігі ~820 km

Оның орбиталық кезеңі ~100 мин .

Олар:

- Төменгі Жер орбитасында қозғалатын (LEO)

- Полярлық орбитада қозғалатын

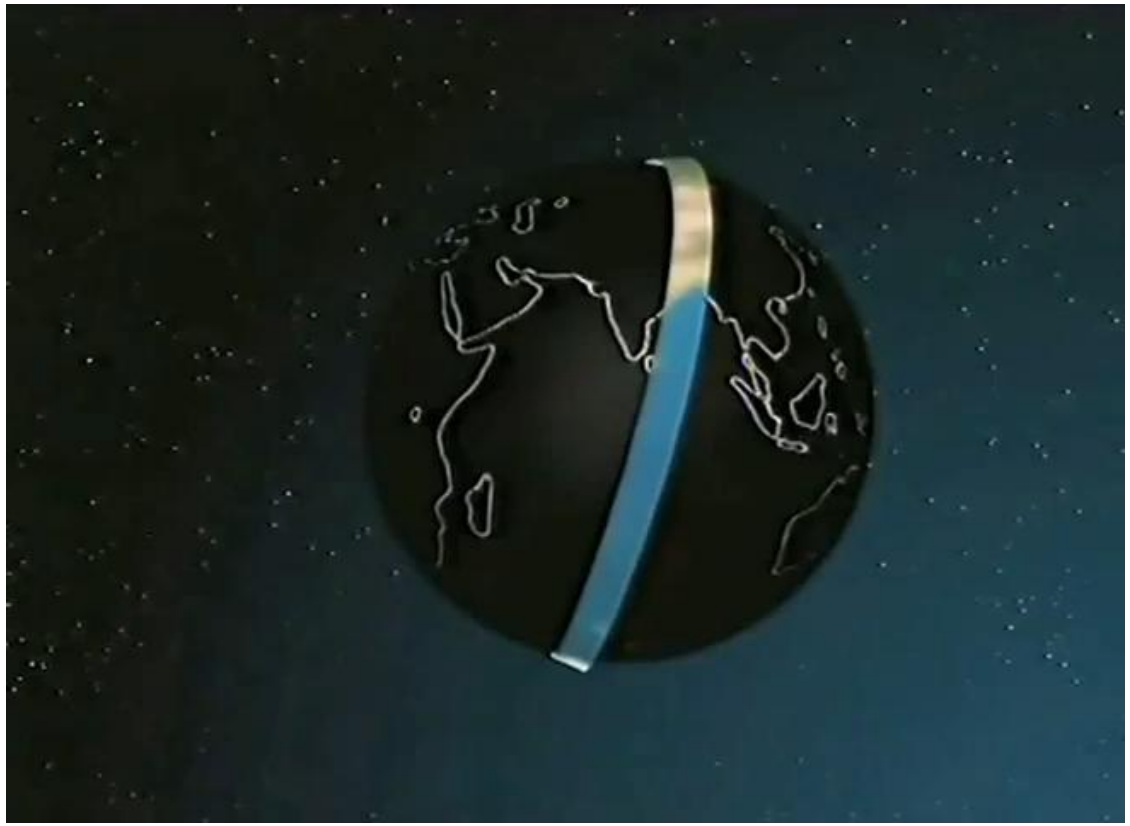


Күнге синхронды орбита

Анимациядағы екі нәрсеге назар аударыңыз:

- Спутниктің орбитасы Күнге қатысты тұрақты, ал Жер оның астында айналады.
- Спутник тұрғысынан Күннің бұрышы өзгермейді.

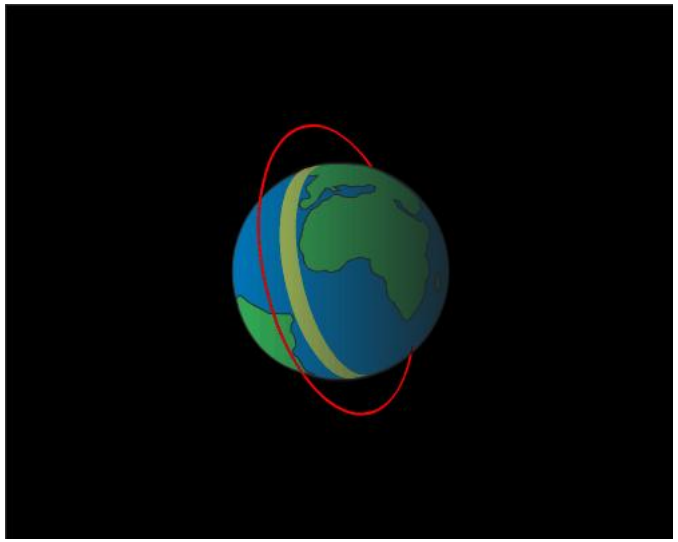
Спутник экваторды әрбір айналымда бірдей жергілікті уақытта кесіп өтеді: бұл күнсинхронды орбита.



Күнге синхронды орбита

Бұл орбиталарда екі торап бар:

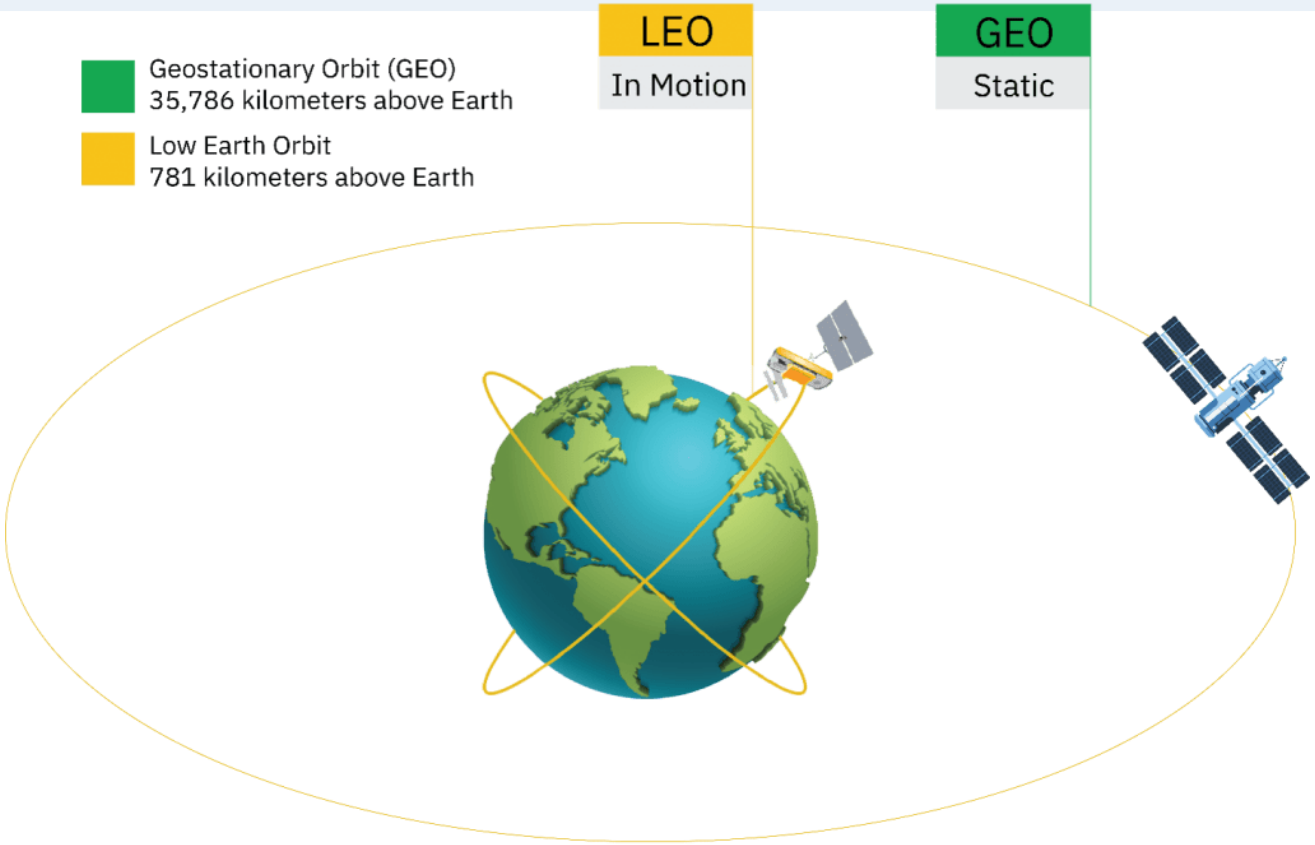
- Төмендейтін (солтүстіктен оңтүстікке) - Күндізгі уақыт
- Көтерілетін (оңтүстіктен солтүстікке) - Түнгі уақыт





LEO vs. GEO

LEO (Low Earth Orbit) – төменгі жер орбитасы
GEO (Geostationary Orbit) – геостационарлы орбита



LEO (Low Earth Orbit) және GEO (Geostationary Orbit)

Әр түрлі тапсырмалар үшін әр түрлі құралдар:

Төменгі Жер орбитасы (LEO):

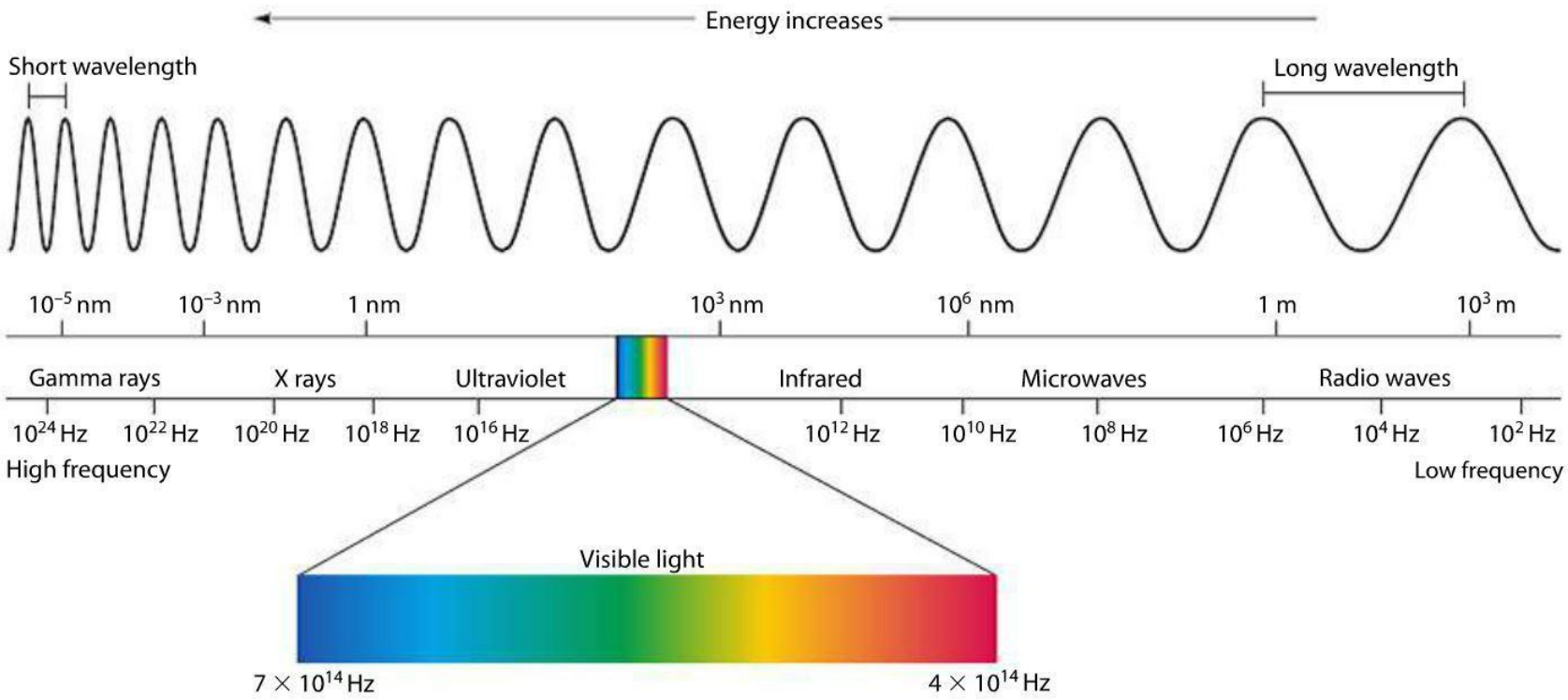
+ Жерге жақын орналасқандықтан орбиталық шығаруға жеңіл (арзан)
+ Кеңістіктік шешім жақсырақ
+ Бір спутник бүкіл планетаны қамти алады (ақырында)
+ Бір мемлекеттің инвестициясынан барлық елдер пайда көреді
• Азия АҚШ спутниктерін пайдалана алады
+ Полярлы аймақтарда жиі өту
– Тропиктер мен орта ендіктерде өту аралығы бірнеше күннен бірнеше аптаға дейін
– Бұл жағдайда ауа-райының өзгеруін бақылау мүмкін емес – Бір уақытта тек шағын учаскені көруге болады

LEO vs. GEO

Геостационарлық орбиталар::

+ Жердің дерлік толық жарты шарын көруге мүмкіндік береді
+ Уақыт өте келе ауа-райының өзгеруін бақылауға мүмкіндік береді
– Бүкіл планетаны қамту үшін бірнеше спутник қажет
– АҚШ-тың керемет геостационарлық спутниктері бар, бірақ Азия үшін пайдалы емес
– Кеңістіктік шешім LEO-ға қарағанда төменірек
– Полярлы аймақтарда қамту жоқ

Электромагниттік спектр



Радиотолқындар, көрінетін жарық, рентген сәулелері – бәрі бірдей энергия түрі.

Бірақ бұл энергия атмосферамен толқын ұзындығына байланысты өте әртүрлі әрекеттеседі.

Электромагниттік спектр

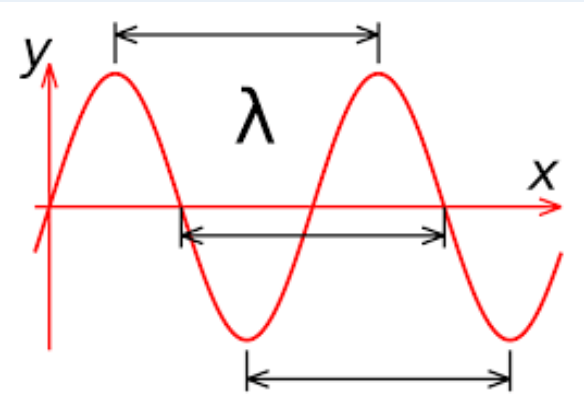
Радиация толқындар мен бөлшектерден тұрады.

Біздің мақсаттарымыз үшін тек толқындар маңызды.

Толқындар толқын ұзындығы бойынша сипатталады, яғни толқынның өз-өзін қайталануы үшін қажет қашықтық.

Толқын ұзындығы сізге қандай энергиямен жұмыс істеп жатқаныңызды көрсетеді:

- 300 м: AM радио
- 3 м: FM радио
- 0.1 м: микротолқынды пеш
- 0.0000007 м: қызыл жарық
- 0.0000004 м: күлгін жарық

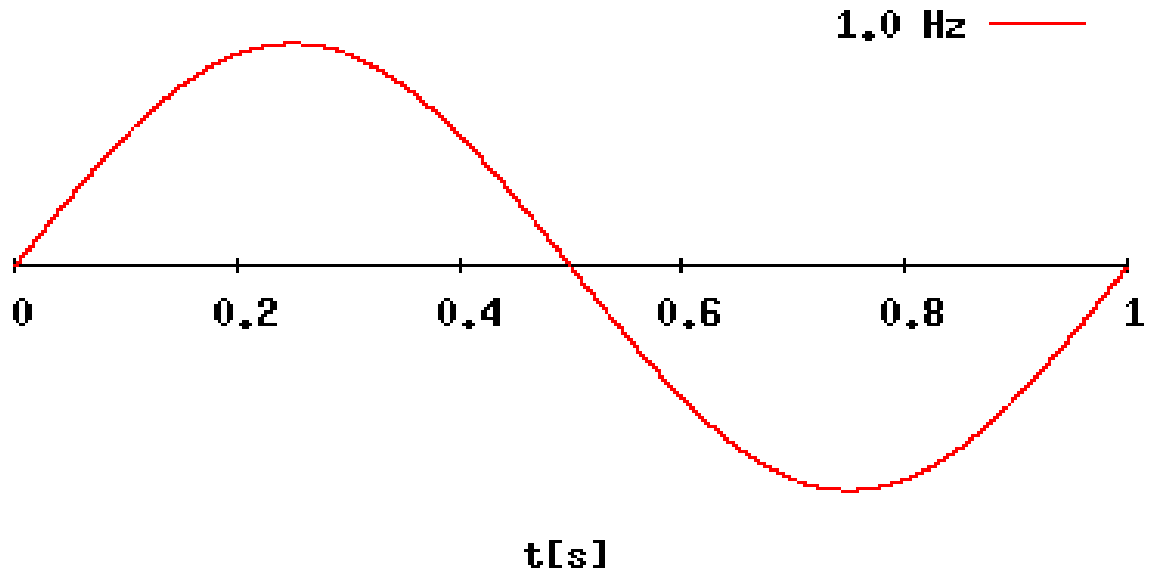


Жиілік пен толқын ұзындығы

Радиацияны жиілік тұрғысынан да сипаттауға болады.

Жиілік – бұл толқынның бір секундта қанша рет қайталанатынын білдіреді.

Егер біз толқын ұзындығын қысқартсақ, жиілікті арттырамыз.



Әдетте:

- Толқын ұзындығы: көрінетін, инфрақызыл
- Жиілік: микротолқынды

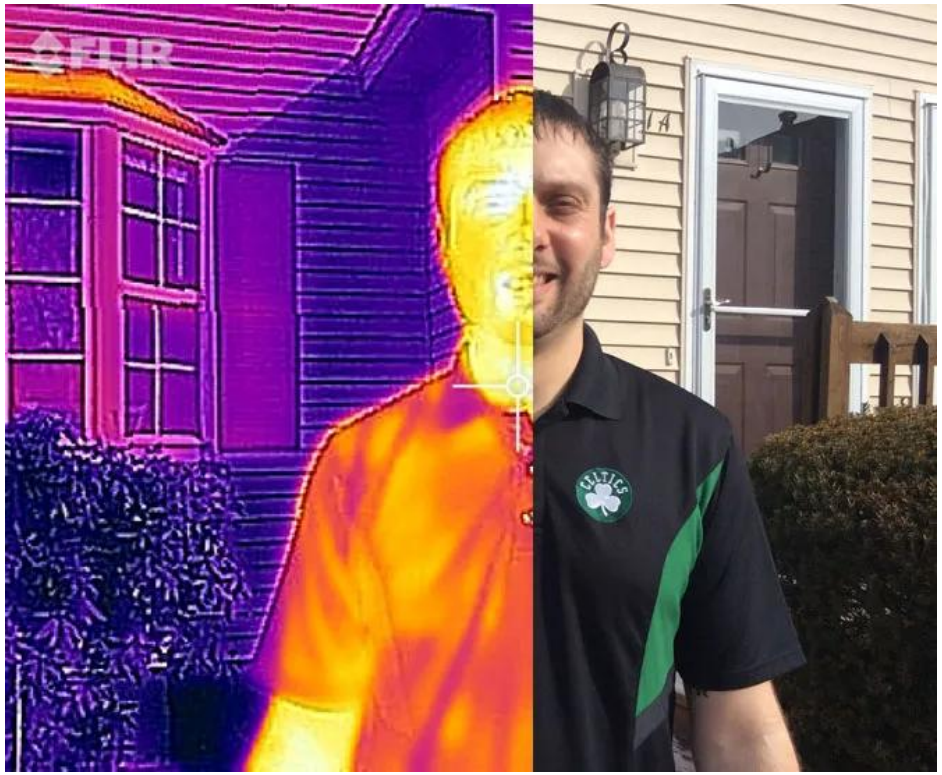
Эмиссия

Барлық нәрсе энергияны өз температурасына байланысты шығарады.

Бір нәрсе неғұрлым ыстық болса, соғұрлым ол энергия шығарады.

Ыстық нәрселер қысқа толқын ұзындығындағы көбірек энергия шығарады.

Кейбір заттар соншалықты ыстық, олар шығаратын көрінетін сәулеленуін көруге болады.





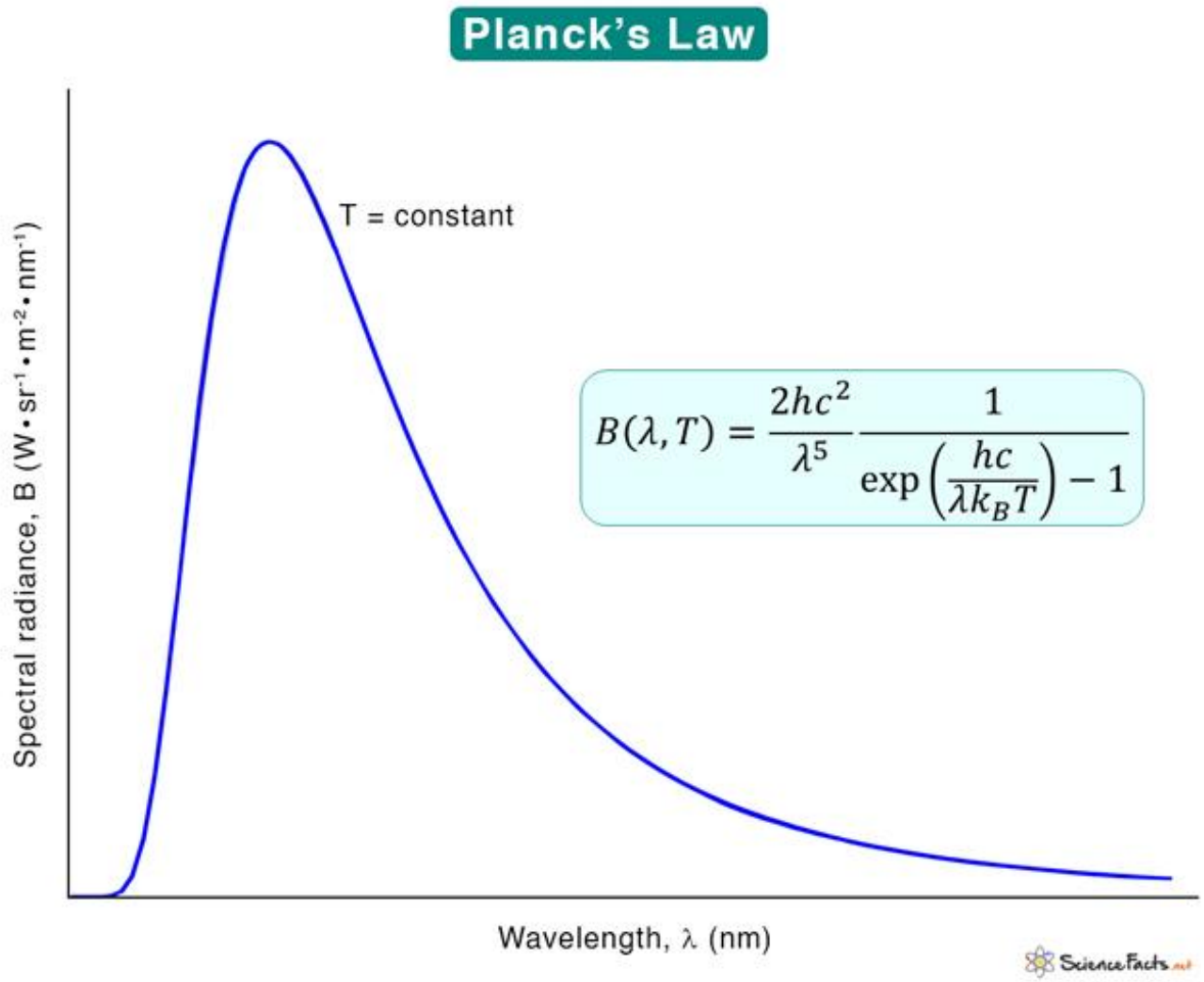


Планк заңы

Мұны сипаттайтын математика бар, әрине.

Бұл қисық толқын ұзындығында оның температурасына байланысты шығарылатын энергия мөлшерін сипаттайды.

Өте қысқа және өте ұзын толқын ұзындығы үшін энергия дерлік шығарылмайды.



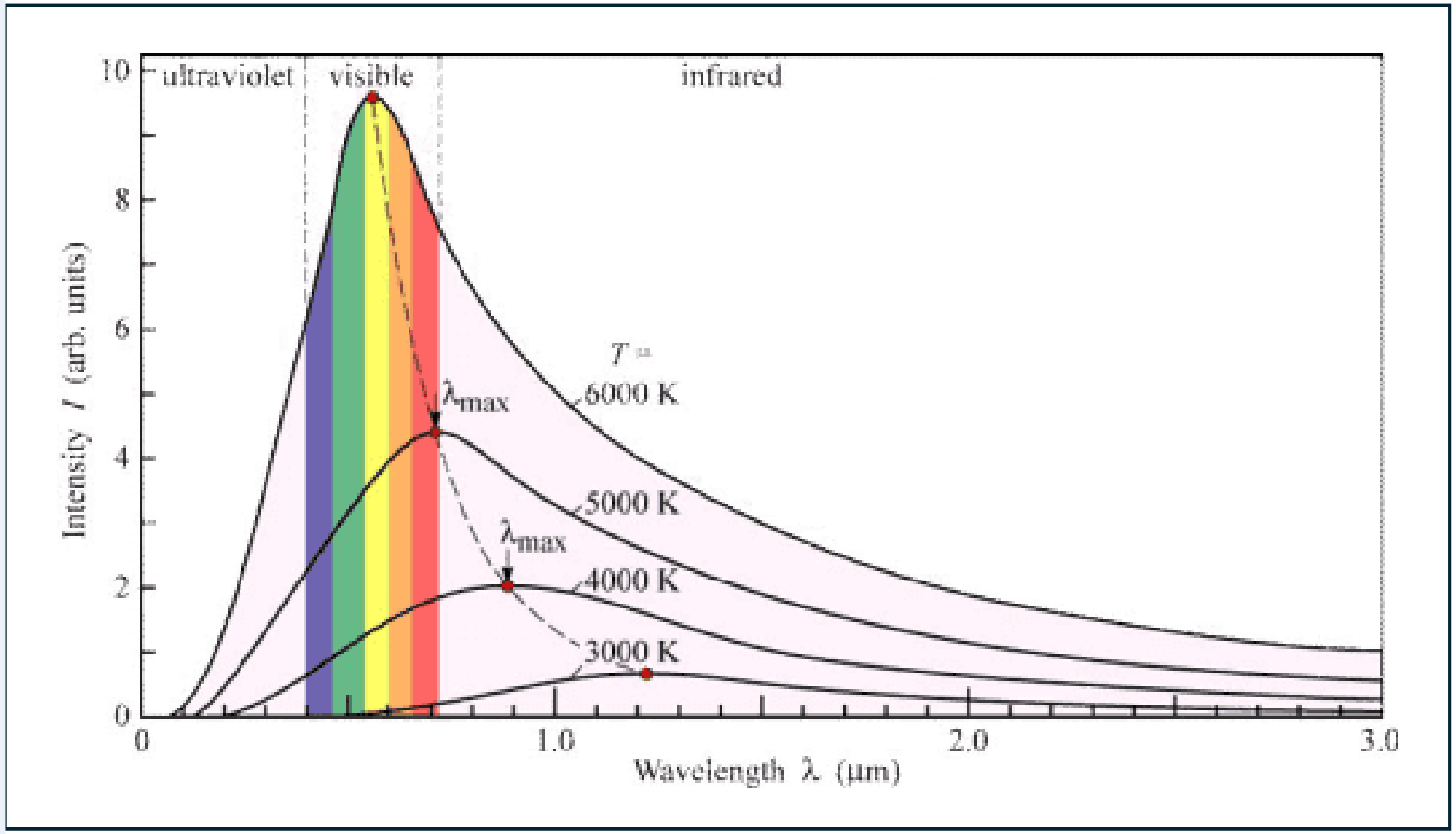
Планк заңы

Егер барлық толқын ұзындықтары бойынша интегралды есептесеңіз, шығаратын энергияның жалпы мөлшерін таба аласыз.

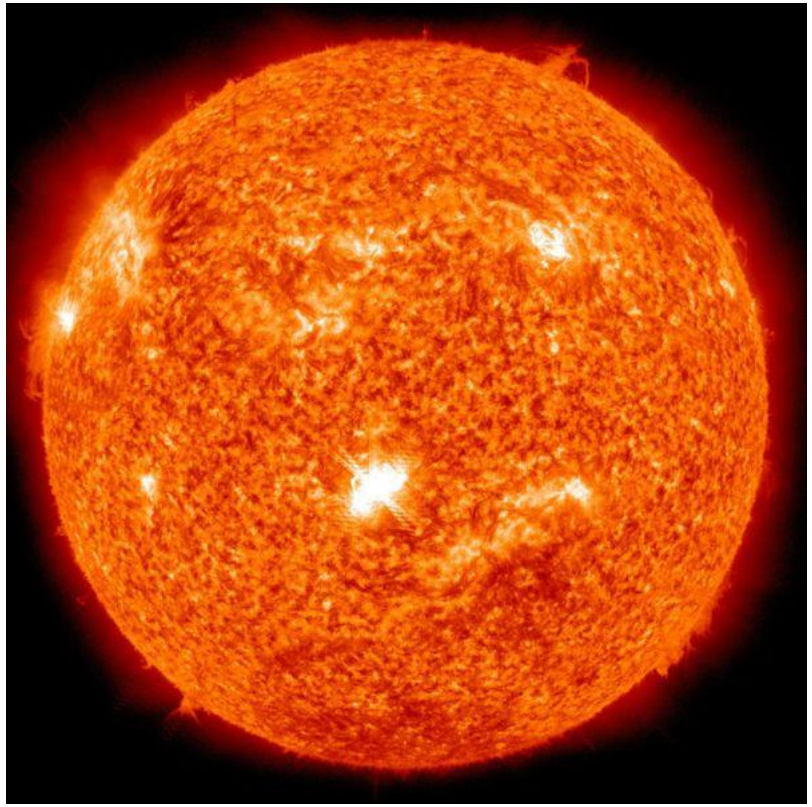
$$E = 5.67 \cdot 10^{-8}\, T^4$$

Бірліктер W m^{-2}

Температураның аз ғана өзгеруі энергияның шығаруында үлкен өзгеріске әкеледі!



Екі дененің хикаясы



T = 6000 K

λ_{max}= 0.5 μm (green)

B = 7 400 000 W m^{-2}



T = 290 K

λ_{max}= 10 μm (IR)

B = 400 W m^{-2}

Қорытынды

1. Жерсеріктер бұлт суретінен бөлек температура, ылғал, аэрозоль, жел, қар және өрт туралы мәлімет береді.
2. Орбита неғұрлым биік болса, айналу кезеңі соғұрлым ұзақ (Кеплердің үшінші заңы).
3. LEO: ажыратымдылығы жоғары, бүкіл планетаны қамтиды, бірақ бір орынды сирек бақылайды.
4. GEO: ауа райының өзгеруін үздіксіз бақылайды, бірақ ажыратымдылығы төмен және полярлық аймақтарды қамтымайды.
5. Сәулеленудің атмосферамен әрекеттесуі толқын ұзындығына тәуелді.
6. Дене неғұрлым ыстық болса, соғұрлым көп энергия шығарады ($E = \sigma T^4$), ал сәулелену максимумы қысқа толқындарға ығысады: Күн ≈ 0,5 мкм, Жер ≈ 10 мкм.

Өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар

1. Жерсеріктік бақылаудың радар мен радиозондпен салыстырғандағы артықшылығы неде?
2. Жерсеріктің орбиталық кезеңі оның биіктігіне қалай тәуелді?
3. Күн-синхронды орбита дегеніміз не және ол несімен ыңғайлы?
4. LEO және GEO орбиталарының артықшылықтары мен кемшіліктерін салыстырыңыз.
5. Толқын ұзындығы мен жиілік өзара қалай байланысқан?
6. Неліктен Күн негізінен көрінетін диапазонда, ал Жер инфрақызыл диапазонда сәуле шығарады?

Пайдаланылған дереккөздер

1. Kidder S.Q., Vonder Haar T.H. Satellite Meteorology: An Introduction. – San Diego: Academic Press, 1995. – 466 p.
2. Wallace J.M., Hobbs P.V. Atmospheric Science: An Introductory Survey. – 2nd ed. – Amsterdam: Academic Press, 2006. – 483 p.
3. Petty G.W. A First Course in Atmospheric Radiation. – 2nd ed. – Madison: Sundog Publishing, 2006. – 459 p.
4. WMO OSCAR – Observing Systems Capability Analysis and Review Tool: Space-based capabilities. – URL: https://space.oscar.wmo.int
5. Micke K. Every pixel of GOES-17 imagery at your fingertips // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2018. – Vol. 99, No. 11. – P. 2217–2219.
6. RAMMB/CIRA SLIDER: Satellite Loop Interactive Data Explorer in Real-time. – URL: https://rammb-slider.cira.colostate.edu

Назар аударғаныңызға рақмет!

