**Дата 21.01.21.**

**Группа 20-ЭК-2д**

**Предмет-астрономия**

**Тема: Оптическая астрономия**

ОПТИ́ЧЕСКАЯ АСТРОНО́МИЯ, раз­дел ас­тро­но­мии, изу­чаю­щий кос­мич. объ­ек­ты пу­тём ана­ли­за их оп­тич. из­лу­че­ния. До сер. 20 в. по­ня­тия «ас­тро­но­мия» и «О. а.» бы­ли си­но­ни­ма­ми, по­сколь­ку иных спо­со­бов ас­тро­но­мич. на­блю­де­ний, кро­ме оп­ти­че­ско­го, не су­ще­ст­во­ва­ло. Во 2-й пол. 20 в. зна­чит. раз­ви­тие по­лу­чили [ра­дио­ас­тро­но­мия](https://bigenc.ru/physics/text/3489373), [ин­фра­крас­ная ас­тро­но­мия](https://bigenc.ru/physics/text/2016262), [ульт­ра­фио­ле­то­вая ас­тро­но­мия](https://bigenc.ru/physics/text/4698627), [рент­ге­нов­ская ас­тро­но­мия](https://bigenc.ru/physics/text/3505888), [гам­ма-ас­тро­но­мия](https://bigenc.ru/physics/text/2343256), а так­же ас­т­ро­фи­зи­ка [кос­ми­че­ских лу­чей](https://bigenc.ru/physics/text/2101402). В ре­зуль­та­те О. а. вы­де­ли­лась в са­мо­сто­ят. раз­дел.

**История развития**

В те­че­ние поч­ти всей ис­то­рии [ас­тро­но­мии](https://bigenc.ru/physics/text/1836236), вплоть до 19 в., един­ст­вен­ным при­ём­ни­ком све­та слу­жил че­ло­ве­че­ский глаз и ин­фор­ма­ция о Все­лен­ной по­сту­па­ла толь­ко в ви­ди­мом диа­па­зо­не из­лу­че­ния [с дли­ной вол­ны λ = (3,9–7,6)·10–7 м]. До нач. 17 в. на­блю­де­ния не­бес­ных све­тил ве­лись толь­ко не­воо­ру­жён­ным гла­зом. Глаз че­ло­ве­ка яв­ля­ет­ся уни­каль­ным оп­тич. при­бо­ром: ко­лос­саль­ный ди­на­мич. диа­па­зон на­ше­го зре­ния по­зво­ля­ет на­блю­дать как яр­кое Солн­це, так и туск­лые звёз­ды, яр­кость ко­то­рых во мно­го мил­ли­ар­дов раз мень­ше яр­ко­сти Солн­ца.

В глу­бо­кой древ­но­сти на ноч­ном не­бе бы­ли вы­де­ле­ны ха­рак­тер­ные звёзд­ные кон­фи­гу­ра­ции – [ас­те­риз­мы](https://bigenc.ru/physics/text/1835555), что об­лег­чи­ло за­да­чу на­блю­де­ний за дви­же­ни­ем звёзд. К пер­вым зна­чи­мым дос­ти­же­ни­ям О. а. мож­но от­не­сти соз­да­ние сис­те­мы ле­то­счис­ле­ния (см. [Ка­лен­дарь](https://bigenc.ru/physics/text/2035097)) по ре­зуль­та­там на­блю­де­ний за дви­же­ни­ем Солн­ца, Лу­ны, пла­нет и яр­ких звёзд. В ка­че­ст­ве из­ме­рит. при­бо­ров древ­ние ас­тро­но­мы ис­поль­зо­ва­ли про­стей­шие уст­рой­ст­ва: [гно­мон](https://bigenc.ru/physics/text/2365549), [ар­мил­ляр­ную сфе­ру](https://bigenc.ru/physics/text/1830701), [квад­рант](https://bigenc.ru/physics/text/2055018) и др. По­сле изо­бре­те­ния те­ле­ско­па (1609), раз­ре­шаю­щая спо­соб­ность и про­ни­цаю­щая си­ла ко­то­ро­го су­ще­ст­вен­но вы­ше, чем у гла­за, ас­тро­но­мия ещё в те­че­ние двух ве­ков ос­та­ва­лась оп­ти­че­ской.

В 1800 У. Гер­шель (см. в ст. [Гер­шель](https://bigenc.ru/physics/text/2356253)), из­ме­ряя тер­мо­мет­ром ин­тен­сив­ность све­та в сол­неч­ном спек­тре, от­крыл за крас­ной гра­ни­цей ви­ди­мой час­ти спек­тра ИК-из­лу­че­ние, наи­бо­лее ко­рот­ко­вол­но­вая часть ко­то­ро­го [λ = (8–250)·10–7 м] про­хо­дит сквозь ат­мо­сфе­ру Зем­ли. Вско­ре по­сле это­го от­кры­тия нем. фи­зик И. Рит­тер на­чал по­ис­ки из­лу­че­ния в про­ти­во­по­лож­ном кон­це ви­ди­мо­го диа­па­зона. В 1801 он об­на­ру­жил, что хло­рид се­реб­ра, раз­ла­гаю­щий­ся под дей­ст­ви­ем све­та, ещё бы­ст­рее раз­ла­га­ет­ся (тем­не­ет) под дей­ст­ви­ем не­ви­ди­мо­го из­лу­че­ния, ле­жа­ще­го за пре­де­ла­ми фио­ле­то­вой об­лас­ти спек­тра. Так бы­ло от­кры­то УФ-из­лу­че­ние Солн­ца, час­тич­но про­хо­дя­щее сквозь зем­ную ат­мо­сфе­ру. В ре­зуль­та­те этих от­кры­тий бы­ло ус­та­нов­ле­но, что с по­верх­но­сти Зем­ли Все­лен­ную мож­но на­блю­дать не толь­ко в ви­ди­мом све­те.

По­ня­тие «оп­ти­чес­кое из­лу­че­ние» в ас­тро­но­мии вклю­ча­ет в се­бя ту часть спек­тра элек­тро­маг­нит­но­го из­лу­че­ния, ко­то­рая про­ни­ка­ет сквозь ат­мо­сфе­ру Зем­ли: ви­ди­мое из­лу­че­ние, а так­же ближ­ние ИК- и УФ-диа­па­зо­ны спек­тра (т. н. оп­тич. ок­но про­зрач­но­сти ат­мо­сфе­ры).

**Окна прозрачности атмосферы**

В ат­мо­сфе­ре Зем­ли вы­де­ля­ют все­го два ок­на про­зрач­но­сти (два диа­па­зо­на в спек­тре элек­тро­маг­нит­ных волн, в ко­то­рых зем­ная ат­мо­сфе­ра пол­но­стью или час­тич­но про­зрач­на): т. н. оп­тич. ок­но и ра­дио­ок­но. Ра­дио­ок­но ле­жит в диа­па­зо­не λ = 1 мм – 30 м (бо­лее длин­ные вол­ны от­ра­жа­ют­ся ио­но­сфе­рой, а бо­лее ко­рот­кие волны по­гло­ща­ют­ся мо­ле­ку­ла­ми воз­ду­ха). Гра­ни­цы оп­тич. ок­на про­зрач­но­сти ат­мо­сфе­ры оп­ре­де­ле­ны не со­всем чёт­ко, т. к. за­ви­сят от свойств воз­ду­ха (пре­ж­де все­го от влаж­но­сти), а так­же от вы­со­ты на­блю­да­те­ля над уров­нем мо­ря. Оп­тич. ок­но поч­ти бес­пре­пят­ст­вен­но про­пус­ка­ет из­лу­че­ние в ин­тер­ва­ле λ = (2,95–7,6)·10–7 м. Бо­лее ко­рот­кие вол­ны по­гло­ща­ют­ся ато­ма­ми и мо­ле­ку­ла­ми ки­сло­ро­да, азо­та и др. га­зов, а так­же во­до­ро­дом и ге­ли­ем в эк­зо­сфе­ре Зем­ли. Кро­ме то­го, су­ще­ст­ву­ет неск. уз­ких, час­тич­но про­зрач­ных окон в ИК-об­лас­ти спек­тра, ко­то­рые в ас­т­ро­фо­то­мет­рии при­ня­то обо­зна­чать как J (λ ≈ 1,25·10–6 м), H (λ ≈ 1,6·10–6 м), K (λ ≈ 2,2·10–6 м), L (λ ≈ 3,6·10–6 м), M (λ ≈ 5,0·10–6 м), N (λ ≈ 10,2·10–6 м) и Q (λ ≈ 21·10–6 м). Су­ще­ст­ву­ют так­же два очень уз­ких ок­на вбли­зи длин волн λ = 3,5·10–4 м и λ = 4,6·10–4 м.

**Расположение обсерваторий**

Су­ще­ст­вен­ную роль в О. а. иг­ра­ет вы­бор мес­та для про­ве­де­ния оп­тич. на­блю­де­ний, т. к. оно долж­но от­ве­чать не­сколь­ким про­ти­во­ре­чи­вым тре­бо­ва­ни­ям. Ме­сто для ус­та­нов­ки оп­тич. те­ле­ско­па долж­но на­хо­дить­ся вда­ли от круп­ных го­ро­дов с их яр­ким ноч­ным ос­ве­ще­ни­ем. Воз­дух над те­ле­ско­пом дол­жен быть су­хим (осо­бен­но для на­блю­де­ний в ИК-диа­па­зо­не, т. к. па­ры́ во­ды слу­жат од­ним из осн. по­гло­ти­те­лей ИК-из­лу­че­ния) и ста­биль­ным, по­сколь­ку тур­бу­лент­ность воз­ду­ха при­во­дит к дро­жа­нию и раз­мы­тию изо­бра­же­ний. По­это­му оп­тич. об­сер­ва­то­рии стре­мят­ся рас­по­ла­гать как мож­но вы­ше над уров­нем мо­ря, что­бы умень­шить влия­ние ат­мо­сфе­ры. В то же вре­мя на­блю­да­те­лям труд­но ра­бо­тать на боль­шой вы­со­те из-за не­дос­тат­ка ки­сло­ро­да, для дос­тав­ки мас­сив­ных уз­лов те­ле­ско­па на гор­ную об­сер­ва­то­рию не­об­хо­ди­ма хо­рошая до­ро­га, а для ра­бо­ты об­сер­ва­то­рии – энер­го­снаб­же­ние, во­да, ли­нии свя­зи и др. эле­мен­ты ци­ви­ли­за­ции, тре­бую­щие в вы­со­ко­гор­ных ус­ло­ви­ях зна­чит. фи­нан­со­вых за­трат. По­это­му вы­бор мес­та для оп­тич. об­сер­ва­то­рии все­гда яв­ля­ет­ся ком­про­мис­сом, учи­ты­ваю­щим эти про­ти­во­ре­чи­вые тре­бо­ва­ния.

**Приборная база оптической астрономии**

Ас­тро­но­мич. при­бо­ры, при­ме­няе­мые для на­блю­де­ний во всём оп­тич. диа­па­зо­не, од­но­тип­ны (ино­гда од­ни и те же при­бо­ры ис­поль­зу­ют­ся для все­го диа­па­зо­на) и прин­ци­пи­аль­но от­ли­ча­ют­ся от при­бо­ров, с по­мо­щью ко­то­рых ве­дёт­ся на­блю­де­ние в др. диа­па­зо­нах спек­тра (рент­ге­нов­ском, ра­дио- и гам­ма-диа­па­зо­нах). Осн. при­бо­ра­ми, ис­поль­зуе­мы­ми в О. а., яв­ля­ют­ся [оп­ти­че­ские те­ле­ско­пы](https://bigenc.ru/physics/text/2692481), [спек­тро­гра­фы](https://bigenc.ru/physics/text/4246784), [при­ём­ни­ки из­лу­че­ния](https://bigenc.ru/physics/text/3166588) (ПЗС-ка­ме­ры, [фо­то­элек­трон­ные ум­но­жи­те­ли](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4735104) и др.).

Важ­ней­ши­ми ха­рак­те­ри­сти­ка­ми оп­тич. те­ле­ско­пов слу­жат про­ни­цаю­щая си­ла и раз­ре­шаю­щая спо­соб­ность. До изо­бре­те­ния те­ле­ско­па эти па­ра­мет­ры сов­па­да­ли с ха­рак­те­ри­сти­ка­ми зре­ния че­ло­ве­ка: про­ни­цаю­щая си­ла ог­ра­ни­чи­ва­лась 6-й звёзд­ной ве­ли­чи­ной (6m), раз­ре­шаю­щая спо­соб­ность со­став­ля­ла ок. 100ʺ. По ме­ре соз­да­ния и со­вер­шен­ст­во­ва­ния те­ле­ско­пов на­блю­де­нию ста­но­ви­лись до­ступ­ны всё бо­лее сла­бые звёз­ды (бла­го­да­ря уве­ли­че­нию диа­мет­ра объ­ек­ти­ва и улуч­ше­нию его оп­тич. ха­рак­те­ри­стик). Так, к кон. 18 в. ста­ли дос­туп­ны на­блю­де­нию звёз­ды 14m, к сер. 19 в. – звёз­ды 15m. Изо­бре­те­ние фо­то­гра­фии и со­вер­шен­ство­ва­ние фо­то­эмуль­сий по­зво­ли­ло ре­ги­ст­ри­ро­вать к сер. 20 в. звёз­ды до 21m. Раз­ре­шаю­щая спо­соб­ность при­бо­ров в кон. 17 в. дос­ти­га­ла 5ʺ. Улуч­ше­ние это­го по­ка­за­те­ля про­ис­хо­ди­ло очень мед­лен­но и лишь за счёт вы­бо­ра но­вых мест для на­блю­де­ния (гл. пре­пят­ст­ви­ем бы­ло не ка­че­ст­во те­ле­ско­пов, а свой­ст­ва ат­мо­сфе­ры). С по­яв­ле­ни­ем в нач. 20 в. гор­ных об­сер­ва­то­рий раз­ре­шаю­щая спо­соб­ность дос­тиг­ла 2ʺ, а позд­нее, в осо­бых вы­со­ко­гор­ных ус­ло­ви­ях (об­сер­ва­то­рии на Га­вай­ских о-вах, в Чи­лий­ских Ан­дах), – 0,4ʺ. Для на­зем­ных об­сер­ва­то­рий та­кую раз­ре­шаю­щую спо­соб­ность счи­та­ют пре­дель­но воз­мож­ной.

**Современное состояние**

Боль­шин­ст­во про­блем О. а., свя­зан­ных с ат­мо­сфер­ны­ми по­ме­ха­ми, мож­но ре­шить, ус­та­но­вив те­ле­скоп на КА. Пре­иму­ще­ст­ва [вне­ат­мо­сфер­ной ас­тро­но­мии](https://bigenc.ru/physics/text/1918809) яр­ко про­де­мон­ст­ри­ро­ва­ли кос­мич. те­ле­скоп «Хаббл» (НАСА, 1990) и ас­т­ро­мет­рич. спут­ник «Гип­пар­кос» (Ев­роп. кос­мич. агент­ст­во, 1989). Те­ле­скоп «Хаббл» с зер­ка­лом диа­мет­ром 2,4 м име­ет про­ни­цаю­щую си­лу ок. 29m и раз­ре­шаю­щую спо­соб­ность ок. 0,05ʺ. В на­зем­ных ус­ло­ви­ях та­кая про­ни­цаю­щая си­ла мо­жет быть дос­тиг­ну­та толь­ко при зна­чи­тель­но бóль­ших диа­мет­рах зер­кал, а та­кая раз­ре­шаю­щая спо­соб­ность – толь­ко в ред­ких слу­ча­ях и лишь при спец. ви­дах на­блю­де­ний.

Те­ле­скоп КА «Гип­пар­кос» имел зер­ка­ло диа­мет­ром все­го 29 см и фо­кус­ным рас­стоя­ни­ем 1,4 м. Его за­да­чей бы­ло оп­ре­де­ле­ние по­ло­же­ний, дви­же­ний и па­рал­лак­сов яр­ких звёзд. За 3,5 го­да ра­бо­ты спут­ни­ка вы­пол­не­но неск. мил­лио­нов на­блю­де­ний, оп­ре­де­ле­ны па­рал­лак­сы ок. 118 тыс. звёзд до 10m с точ­но­стью 0,001″ и 400 тыс. звёзд с точ­но­стью 0,003ʺ. В ис­то­рии ас­тро­но­мии та­кая вы­со­кая точ­ность из­ме­ре­ний бы­ла дос­тиг­ну­та впер­вые.

Воз­мож­но­сти на­зем­ной О. а. так­же бы­ст­ро воз­рас­та­ют. Ме­то­ды [адап­тив­ной оп­ти­ки](https://bigenc.ru/physics/text/1800039) по­зво­ли­ли в зна­чит. сте­пе­ни ней­тра­ли­зо­вать ат­мо­сфер­ное дро­жа­ние и раз­мы­тие изо­бра­же­ний, до­ве­дя раз­ре­шаю­щую спо­соб­ность боль­ших те­ле­ско­пов до 0,03ʺ. Это, в свою оче­редь, от­кры­ло до­ро­гу ме­то­дам ин­тер­фе­ро­мет­рии, по­зво­ляю­щим объ­е­ди­нять стоя­щие ря­дом (на рас­стоя­ни­ях 100–300 м) те­ле­ско­пы в еди­ную сис­те­му с раз­ре­шаю­щей спо­соб­но­стью ок. 0,003ʺ (на нач. 21 в. эти ре­корд­ные по­ка­за­те­ли по­лу­че­ны лишь в очень ма­лых по­лях зре­ния).

Не­смот­ря на то, что во 2-й пол. 20 в. ас­тро­но­мия ста­ла все­вол­но­вой, боль­шин­ст­во са­мых впе­чат­ляю­щих от­кры­тий по­след­них де­ся­ти­ле­тий сде­ла­но в об­лас­ти О. а. Это от­кры­тие эк­зо­пла­нет, сверх­мас­сив­ных чёр­ных дыр, ус­ко­рен­но­го рас­ши­ре­ния Все­лен­ной и т. д. В нач. 21 в. О. а. ак­тив­но раз­ви­ва­ет­ся и по-преж­не­му за­ни­ма­ет ли­ди­рую­щее по­ло­же­ние сре­ди др. ас­тро­но­мич. на­прав­ле­ний, ос­та­ва­ясь са­мым ин­фор­ма­тив­ным ка­на­лом ис­сле­до­ва­ния Все­лен­ной.

**Преподаватель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Ахмедова А.И.**