

различитим брзинама у току године, што значи да се и због овога дужина правог Сунчевог дана мења током године (ова промена је независна од горе поменуте, дакле дешавала би се и када би се право Сунце по еклиптици кретало брзином сталног интензитета). Наиме, око равнодневничких тачака (друга половина марта и септембра) право Сунце Σ се по еклиптици креће под већим углом у односу на небески екватор (Сл. 2, лево) него око дугодневничке и краткодневничке (друга половина јуна и децембра), када се креће такође паралелно небеском екватору (Сл. 2, десно). Због овога се нормална пројекција Σ' правог Сунца на небески екватор по њему креће спорије око равнодневница (пут ΔT_1) него око дугодневнице и краткодневнице (пут ΔT_2). Наиме, ΔT_1 и ΔT_2 су путеви које Σ' пређе за време за које Σ пређе пут ΔT : очигледно је да је ΔT_1 мање од ΔT_2 .

Питање за Вас: када би, због нагиба еклиптике у односу на небески екватор, прави Сунчев дан требало да буде дужи, у марту или јуну и зашто?

Из поменута два разлога, дакле, прави Сунчев дан, а самим тим и прави Сунчев час, минут и секунда, мењају се током године. То значи да временска јединица правог Сунчевог времена не испуњава основни захтев који се пред једну временску јединицу поставља, а то је НЕПРОМЕНЉИВОСТ. У Старом и Средњем веку и почетком Новог века право Сунчево време је било сасвим довољно за потребе свакодневног живота. Међутим, касније, живот је захтевао већу прецизност у мерењу времена, тако да је право Сунчево време напуштено, а на сцену је ступио нови временски систем.

Средње Сунчево време

Да би се отклонила променљивост правог Сунчевог дана нову временску јединицу је требало везати за кретање неке друге тачке, а не правог Сунца. Истовремено, требало је задржати и везу са привидним дневним кретањем Сунца, јер се према њему одвија наш живот. Тако је уведена једна тачка (њено прецизно увођење премаша оквиру овог курса) која је увек у близини нормалне пројекције правог Сунца на небески екватор, али која се током године РАВНОМЕРНО креће по небеском екватору (наравно, у директном смеру; објасните зашто баш у директном). Она се назива **средње Сунце**, а време које се мери у односу на то њено кретање – **средње Сунчево време**. Основна јединица овог временског система је **средњи Сунчев дан** – временски интервал између двеју узастопних горњих кулминација средњег Сунца. У првом приближењу се може сматрати да је он једнак средњој вредности свих правих Сунчевих дана у години. Мање јединице од њега су **средњи Сунчев час**, **минут** и **секунда**, а дефинишу се аналогно одговарајућим јединицама правог Сунчевог времена. Због равномерног кретања средњег Сунца јединице средњег Сунчевог времена су НЕПРОМЕНЉИВЕ.

Тренутак горње кулминације средњег Сунца назива се **средње подне**, а доње – **средња поноћ**. Средњи Сунчев дан почиње и завршава у средње подне, а средина му је у средњу поноћ.

Средње Сунчево време се мери угаоним растојањем средњег Сунца од видљивог дела меридијана, у ретроградном смеру, аналогно правом Сунчевом времену.

Јасно је да ће се, у општем случају, у произвољном тренутку право и средње Сунчево време међусобно разликовати. Та разлика је највећа око 12. фебруара (тада је у сваком тренутку $14,4^m$ више по средњем него по

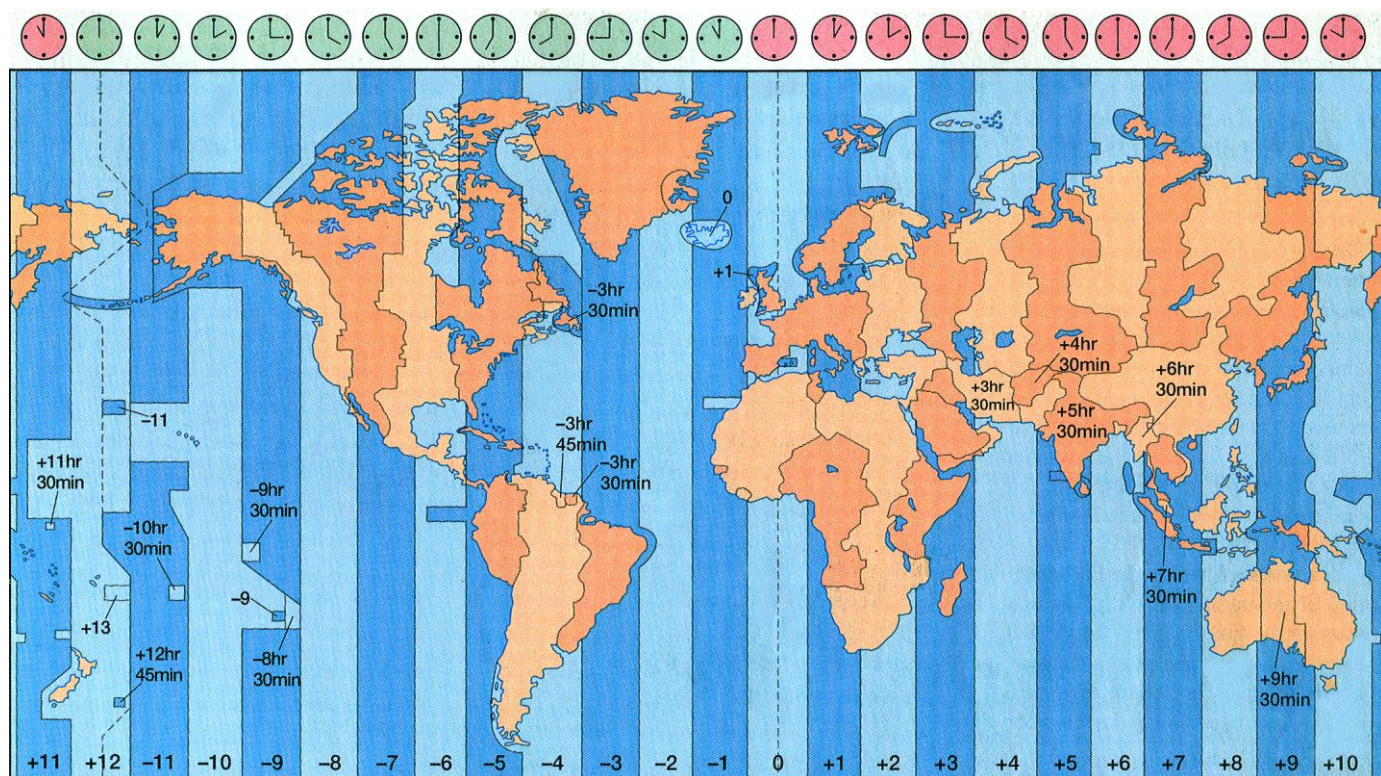
правом Сунчевом времену) и око 4. новембра (тада је у сваком тренутку $16,4^m$ мање по средњем него по правом Сунчевом времену). Само четири пута годишње ова два времена се међусобно поклапају: око 15. априла, 14. јуна, 1. септембра и 25. децембра.

Како у средње подне један средњи Сунчев дан завршава а други почиње, датуми се мењају у сред обданице: пре подне је један датум, а поподне други. Пошто то уноси потешкоће у свакодневни живот прешло се на једну модификацију средњег Сунчевог времена – тзв. **грађанско време**. То је, једноставно, средње Сунчево време рачунато, уместо од средњег подне, од претходне средње поноћи. Сада, дакле, средњи Сунчеви дани започињу и завршавају у средњу поноћ, тј. датуми се мењају у сред ноћи (када људи спавају), па тако цела обданица (када су људи активни) припада једном датуму, што је много логичније са становишта свакодневног живота. Грађанско време се мери угаоним растојањем средњег Сунца од невидљивог дела (то је онај на невидљивој небеској полусфери) меридијана, у ретроградном смеру. Ово време је почело да улази у јавну употребу крајем XVIII века.

Места са различитим географским дужинама имају свако свој меридијан; само места са истом географском дужином имају исти меридијан. Како се грађанско време мери у односу на меридијан, то ће места са различитим географским дужинама имати различита грађанска времена, одн. у сваком тренутку постојаће бесконачно много грађанских времена (јер има бесконачно много меридијана). У таквој ситуацији да би се знало време мора се у сваком тренутку знати географска дужина. Пошто то изазива велике тешкоће у свакодневном животу одлучено је да се број званичних грађанских времена смањи са бесконачног на разумну меру. У ту сврху Земљина површина је својим меридијанима подељена на 24 сектора (попут кришака поморанце) – тзв. **часовне зоне** (Сл. 3). Свака од њих је по географској дужини широка $360^\circ : 24 = 15^\circ$. Половина земаљског меридијана која пролази по средини часовне зоне назива се **централним меридијаном** те зоне. Источна граница једне зоне је земаљски меридијан који лежи $7,5^\circ$ источно, а западна онај који лежи $7,5^\circ$ западно од централног меридијана. Свака часовна зона има свој редни број, од 0. до 23 (са запада на исток), и свој назив. Тако нпр, 0. часовна зона, она чији је централни меридијан гринички, назива се западноевропска, а 1, она у којој је наша земља, средњоевропска.

Грађанско време централног меридијана се проглашава званичним временом дате часовне зоне, тј. у целој часовној зони се користи то грађанско време без обзира на то што се не налазе сва места те зоне на њеном централном меридијану. Овако мерено грађанско време назива се **зонско време**. На тај начин су установљена 24 званична зонска времена у свету. Свако од њих носи назив часовне зоне у којој се користи; у нашој земљи користимо тзв. **средњоевропско време** (уобичајена ознака *CET* – Central European Time). Разлика у зонском времену између суседних часовних зона износи 1^h и то: прелазећи из једне у другу часовну зону, идући на исток, време се повећава за по 1^h , а идући на запад смањује се за по 1^h (можете ли да објасните због чега?).

Географска дужина тачака централног меридијана средњоевропске часовне зоне износи 15° , а нпр. Београда, 20° . То значи да се Београд налази 5° источно од централног меридијана, па се београдско грађанско време разликује за 20^m од средњоевропског времена (како средње



Слика 3: Часовне зоне и међународна датумска граница.

Сунце приликом дневне ротације небеске сфере пређе 360° за 24^h , то ће 5° прећи за 20^m .

Питање за Вас: да ли подне (12^h) у Београду по средњоевропском времену наступа 20^m пре или после средњег поднева и зашто?

Границе часовних зона не иду увек строго дуж меридијана (Сл. 3). Наиме, води се рачуна о томе да се територија неке државе нађе у целости унутар једне часовне зоне, тако да у целој држави важи једно исто зонско време. Због тога границе часовних зона често иду дуж државних граница. У случајевима државних територија веома распрострањених по географској дужини мора се одступити од тог принципа. У тим државама истовремено важи више зонских времена – свако у својој зони – јер се и територија протеже преко више часовних зона.

Свака часовна зона има себи супротну – то је она чији централни меридијан има географску дужину за 180° различиту од оне коју има централни меридијан дате зоне. У тој зони се време разликује за 12^h од времена у датој зони. Али, да ли је у тој зони 12^h више или мање него у датој? Очигледно је могућ и један и други случај, а то значи истовремено постојање два датума у једној зони (ако је у једној зони нпр. 17^h , у њој супротној може бити $17^h - 12^h = 5^h$ тог истог дана, али и $17^h + 12^h = 5^h$ наредног дана). Да би се избегла ова неодређеност уведена је тзв. **међународна датумска граница** (на Сл. 3 испрекидана линија у Тихом океану) – замишљена линија на површини Земље, која се приближно протеже дуж једног меридијана, а преласком које се додају 24^h (ако се прелази кретањем са истока на запад), одн. одузимају 24^h (ако се прелази кретањем са запада на исток). Договорено је да се она постави дуж оне половине гриничког меридијана која има географску дужину 180° (та половина је централни меридијан 12. часовне зоне) јер у том случају прелази преко Тихог океана, дакле где је људска насељеност најмања (како би се избегли проблеми који могу настати приликом њеног преласка). Како и у том делу света има

држава, водило се рачуна о томе да цела територија једне државе буде са једне стране међународне датумске границе (како би у целој држави био исти датум), па стога она на неким местима одступа од централног меридијана 12. часовне зоне, што се види на Сл. 3.

Из економских разлога у топлијем делу године (на северној Земљини полулопти од краја марта до краја октобра) на зонско време се додаје један час. Временски систем добијен додавањем неког броја часова (обично један час) зонском времену назива се **указно време**. Указно време у Средњоевропској часовној зони назива се **средњоевропско летње време** (уобичајена ознака *CEST* – Central European Summer Time). У хладнијем делу године додати час се одузима и враћа се на зонско време.

Календар

До сада је реч била о мерењу времена у краћим временским интервалима, до једног дана. За мерење времена у дужим интервалима, дакле, седмицама, месецима, годинама, па и још дужим неопходно је увести **календар**. Њега можемо дефинисати као систем мерења времена заснован на некој правилно периодичној природној појави, а који треба да омогући тачно лоцирање у времену догађаја временски удаљених више од једног дана. Ако је та правилно периодична природна појава Земљина револуција, тј. привидно годишње кретање Сунца, такав календар се назива **соларни**.

Основна временска јединица у оваквом мерењу времена је **календарска година**. То је временски интервал најближи тропској години, а који садржи цео број средњих Сунчевих дана (цео број због једноставности употребе, а што налаже свакодневни грађански живот). Како дужина тропске године изражена у средњем Сунчевом времену износи око $365^d 05^h 48^m 46^s$, то календарска година има 365^d и она очигледно није једнака тропској години. Циљ у састављању календара је да природни догађаји који се

понављају са периодом од једне тропске године (нпр. почеци годишњих доба) сваке календарске године „падају” у исти датум, што у многоме олакшава смештање у шири контекст временски врло удаљених догађаја (и у прошлости и у будућности). Но, како тропска година не садржи цео број дана¹, ово је немогуће постићи и неминовно долази до разилажења календара и природе. Вештина у састављању календара је да се постигне што мање разилажење, а идеалан календар, који се не разилази са природом је немогуће постићи.

Календар који је данас у свету у општој употреби је соларни, а да бисмо га објаснили отићи ћемо најпре у Стари век.

Јулијански календар

У античком Египту био је до бар трећег века п.н.е. (ако не и дуже) у употреби стари египатски календар, у коме је свака календарска година имала 365 дана и тако за приближно шест часова била краћа од тропске. То је значило да су нпр. почеци годишњих доба сваке наредне године „падали” по календару шест часова касније него претходне године, одн. сваке четврте године би падали за по читав дан касније ($6^h \cdot 4 = 24^h = 1^d$), тј. календар је „журио” у односу на природу један дан на сваке четири године. Стари Египћани су за ово знали и о томе су водили рачуна приликом мерења времена, али у календар нису уносили измене све до трећег века п.н.е, када је свештенство донело одлуку о увођењу преступног, 366. дана, у сваку четврту календарску годину како би се она разлика од једног дана, накупљена током четири године, поништила. Календарска година од 365 дана назива се **проста**, а она са преступним, 366. даном, **преступна година**.

Није познато да ли је овако реформисан календар ушао у јавну употребу у Египту, али се зна да га је средином првог века п.н.е. Цезар (Gaius Julius Caesar, 99–43. п.н.е) увео у јавну употребу у Римској империји. Наиме, дотадашњи римски календар, који се базирао на кретању Месеца, а не Сунца, и који је знатно компликованији за употребу од соларног, био је у хаотичном стању и то што због астрономске необразованости римског свештенства (а које је било задужено за мерење времена), што због произвољног кориговања календара од стране истог тог свештенства, а из користољубља. Због тога је Цезар, када је освојио Египат, увео у Риму реформисани египатски календар (са преступним годинама), који је много једноставнији за употребу, а уз то се идеално слаже са природом. Од тада се овај календар, по Јулију Цезару, назива **јулијанским**.

На Никејском сабору 325. године н.е. јулијански календар је прихватила Хришћанска црква и тако он постаје општекоришћен календар хришћанског света.

Грегоријански календар

Средња вредност дужине календарске године у јулијанском календару износи $(3 \cdot 365^d + 366^d)/4 = 365,25^d = 365^d 06^h$. Дужина тропске године је, још једанпут, $365^d 05^h 48^m 46^s$, дакле тропска година је за $11^m 14^s$ краћа од јулијанске. Та разлика може изгледати мала, чак је у време доношења јулијанског календара била немерљива (због

недовољно високе прецизности тадашњих инструмената), али у довољно дугим временским интервалима она постаје сасвим приметна. Тако, за 128 година та разлика нарасте на један дан, тј. након сваких 128 година ће неке периодичне појаве са годишњим периодом (нпр. почеци годишњих доба) падати по један дан раније у календару. То значи да јулијански календар касни за природом један дан на сваких 128 година.

Због тога је пролећна равнодневница, која је у време одржавања Никејског сабора била око 21. марта, у V веку падала око 20. марта, у VI око 19. итд. У XVI веку нпр. пролећна равнодневница је падала већ 10 дана раније у односу на доба Никејског сабора. То је већ постало очигледно и по дужини обданице и ноћи. Но, то је било важније из једног другог разлога.

Наиме, један од два највећа хришћанска празника, Ускрс, не слави се у фиксни датум него у прву недељу (као седмични дан) која дође након првог пуног месеца након пролећне равнодневнице (а да се при томе не поклопи са јеврејским празником Пасхом). Значи, датум празновања Ускрса се везује за пролећну равнодневницу. Пошто се пролећна равнодневница обележава око 21. марта (као у време Никејског сабора), а у XVI веку заиста наступа око 11. марта, то значи да се и Ускрс слави у погрешан дан. Са становишта Католичке цркве то је било недопустиво и из тог разлога крајем XVI века папа Грегоријус XIII (Gregorius XIII, 1572–1585) проглашава реформу јулијанског календара.

Реформа се састојала у следећем. Да би се избрисала она разлика од 10 дана између јулијанског календара и природе, нагомилана током 12 векова, одлучено је да се после четвртка 4. X 1582. године не рачуна петак 5. X него петак 15. X 1582. Како се убудуће разлика између календара и природе не би правила одлучено је да се у сваких 400 година изоставе три преступне године – у ствари, правилно би било на сваких 128 година изоставити једну преступну јер се разлика од једног дана између природе и јулијанског календара ствара у том интервалу, но како 128 није округао број изабрана је варијанта са одузимањем трију преступних у 400 година јер је 400 округао, лако памтљив број и врло приближно садржи у себи 128 три пута. Но, које три преступне године од њих укупно 100 у 400 година одузети? Одлучено је да то буду оне којима се завршавају векови, а које нису дељиве са 400 без остатка. Дакле, међу завршним годинама векова – 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400. итд, преступне ће бити само 1600, 2000, 2400. итд, а све остале ће бити просте (иако би у јулијанском календару и оне биле преступне). Овако реформисан јулијански календар је, по папи Грегоријусу XIII назван **грегоријанским календаром** и, почевши од XVI века, постепено су га прихватиле све државе у свету, тако да је он данас у општесветској употреби².

Средња вредност дужине грегоријанске године је $(303 \cdot 365^d + 97 \cdot 366^d)/400 = 365,2425^d = 365^d 05^h 49^m 12^s$, што значи да је она свега 26^s дужа од тропске године, одн. она је много ближа тропској години него јулијанска.

Питање за Вас: после ког времена ће разлика између природе и грегоријанског календара достићи један дан?

Јулијански календар је још увек у употреби код неких православних цркава, између осталих и код Српске православне цркве. Како је од увођења грегоријанског календара до данас протекло око 400 година то је разлика

¹ И, уз то, има променљиву дужину, но то премаша оквире овога курса.

² У разним деловима света су у употреби и разни други календари, али само локално.

између природе и јулијанског календара за то време нарасла за још три дана, па сада износи $10 + 3 = 13$ дана. Отуда нпр. Нова година или Божић по јулијанском календару падају 13 дана после Нове године и Божића по грегоријанском, а Срби их називају српским или православним (иако, дакле, то нема везе са религијом него са коришћењем различитих календара). У ствари, и по

једном и по другом календару ови празници падају у исти датум само што исти датуми у ова два календара падају у различите дане.

Питање за Вас: које године ће разлика између јулијанског и грегоријанског календара нарасти на 14 дана?