

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

АСТРОНОМСКО-НУМЕРИЧКА СЕКЦИЈА
МАТЕМАТИЧКОГ ИНСТИТУТА

ЗБИРКА АСТРОНОМСКО-НУМЕРИЧКИХ РАДОВА
Књига XII

ГОДИШЊАК НАШЕГ НЕБА

ЗА
1961
XXV

УРЕДНИК
академик В. В. МИШКОВИЋ
старшина Астрономско-нумеричке секције
Математичког института
Српске академије наука и уметности

Примљено на VI скупу, од 30 јуна 1960,
Одељења природно-математичких наука

Научно дело

ИЗДАВАЧКА УСТАНОВА
СРПСКЕ АКАДЕМИЈЕ НАУКА И УМЕТНОСТИ

Слог: Штампарија „Научно дело“, улица Вука Караџића бр. 5
Штампа и повез: Графичко предузеће „Академија“, Космајска улица бр. 28
БЕОГРАД 1960

БЕОГРАД
1960

Ј. Л. СИМОВЉЕВИЋ

ПОТПУНО СУНЧЕВО ПОМРАЧЕЊЕ

од 15 фебруара 1961

„... Лета Господњег 1239, трећег дана месеца јуна, догодило се необично и страшно помрачење Сунца; читаво се, наиме, Сунце замрачило и сва је атмосфера потамнела, а звезде су се појавиле на небу као у време ноћи; крај Сунца са западне стране блистала је нека велика звезда. И толики страх је овладао светом, да су људи, вичући као избезумљени, трчали наоколо, мислећи да је дошао крај света. Био је Венерин дан, а тридесети дан Месеца. Иако се ово помрачење видело у читавој Европи, ипак веле да га није било у Азији и Африци.“

Овако описује сплитски архиђакон Тома (1200—1268), у својој „Сплитској историји“, потпуно помрачење Сунца које се видело у петак („Венерин дан“), 3 јуна 1239 (по старом календару), у великом делу наше земље. Описао га је, скоро извесно, као очевидац и, са мало речи, врло живо приказао дејство ове ретке природне појаве на сплитске грађане. По последњој реченици описа јасно се види да овај догађај, ни у оним бурним временима, није брзо био заборављен.

*

Потпуна Сунчева помрачења одувек су привлачила пажњу и оних чак који се иначе мало или ни мало не интересују астрономским појавама. Догађај је толико упечатљив да — по ведроме дану — не може незапажен проћи. Док још није цео Сунчев котур заклоњен, онај који га не посматра непосредно најчешће ће постепено и релативно слабо смањивање светлости протумачити неким облаком који пролази испред Сунца. Међутим, са нестанком и танког сјајног српа Сунчева, наступа тренутно мрак: не баш „као у време ноћи“, али довољан да се на небу појаве најсјајније звезде и планете. То је, уосталом, и главни разлог био због којег су овакве појаве бележене још од давнина.

За Астрономију су потпуна помрачења Сунца од огромног значаја. Све доскора још су то биле једине прилике, ма колико краткотрајне, да се дође до непосредних података о Сунчевој атмосфери и појавама које се одигравају непосредно над његовим видљивим рубом. С друге стране, то су још увек повољне прилике за проверавање Месечевих положаја и кретања уопште. Данас се минути ове појаве користе и за испитивања стања на великим висинама наше атмосфере, Земљина магнетизма, космичких зрачења, распрострања радиоталаса — свих оних појава на Земљи које су у било каквој вези

са Сунцем. Потпуна помрачења Сунца се користе за проверавање закључака Ајнштајнове теорије релативности; сем тога, из података о њихову посматрању могу се одредити удаљености далеких тачака на Земљи, што је важно за геофизичке теорије о померању континента.

Оваква једна, за мањи део Земљине површине, веома ретка појава, догодиће се у нашој земљи 15 фебруара 1961. У овим редовима описаћемо и објаснићемо како до ње долази.

О помрачењима уопште. — Помрачења, било Сунца било Месеца, наступају када се ова два небеска тела нађу са Земљом у истом правцу, или скоро у истом правцу. Тада може сенка Земљина пратиоца, Месеца, кога обасјава Сунце, да падне на Земљу, или Земљина сенка — да падне на Месец. Отуда следује да до помрачења Сунца може доћи само у време млада месеца или мене, а до помрачења Месеца — само у време пуна месеца или уштапа. На ово је и мислио архиђакон Тома кад каже да је помрачење било „тридесетог дана Месеца“. Хтео је да каже да је то било тридесетог дана после млада месеца или мене. Како циклус мена, или Месечева синодичка револуција, траје нешто дуже од 29.5 дана, то „тридесети дан“ означава тачно датум млада месеца.

Ако се, дакле, Месец нађе између Сунца и Земље (стручно се тај положај зове Месечева конјункција са Сунцем) наступа Сунчево; а ако се Земља нађе између Сунца и Месеца (стручно се каже да се тада Месец налази у опозицији са Сунцем) наступа Месечево помрачење.

Но није довољно да се поменута три тела само нађу у истом правцу да би до помрачења дошло. Другим речима то је потребан, но није и довољан услов. А није зато, што се равна Месечева путања око Земље не поклапа са равни Земљине путање око Сунца, тј. са тзв. еклиптичком равни. Угао између равни Месечеве и равни Земљине путање износи око $5^{\circ}08'$. Према томе, до помрачења може доћи само кад се Месец, у току свог кретања око Земље, нађе било на самој правој пресека, било у непосредној близини праве пресека ових двеју равни. Стручно се ова права зове *цворна линија* Месечеве путање. Тачке у којима Месечева путања пролази кроз равна еклиптике зову се *чворови*: *улазни* — онај кроз који Месец, у своме кретању око Земље, прелази са јужне на северну страну еклиптике; *силазни* — онај супротни, кроз који Месец прелази са северне на јужну страну еклиптике.

Ако се, дакле, права на којој се, или у чијој се близини, налазе ова три небеска тела, у тренутку Месечеве конјункције (мена) или опозиције (уштапа) са Сунцем, не поклапа са чворном линијом Месечеве путање, или се не налази у њеној близини — до помрачења једноставно неће ни доћи, као што је то најчешће и случај. Конус сенке проћи ће „испод“ или „изнад“ оног другог тела, не додирнувши нигде његову површину.

Од битног значаја су за наступ и изглед помрачења још два елемента: димензије Сунца и Месеца и даљине ових тела од Земље и међу собом. Полу-пречници Сунца и Месеца износ: 109 хиљада, односно 0.27 Земљиних полу-

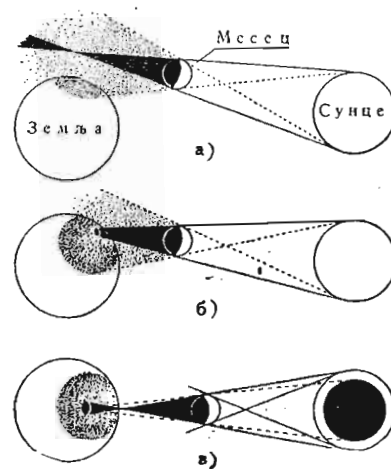
пречника; даљина Сунца од Земље мења се између 147 и 152 милиона км, а даљина Месеца од Земље — између 363 и 406 хиљада км. Одавде се може израчунати да су привидни полупречници Сунца и Месеца, посматрани са Земље, приближно једнаки: између 15 и 17 лучних минута. На основи горњих података такође се може наћи да је дужина Месечеве сенке између 367 и 381 хиљада км, а Земљине — између 1361 и 1407 хиљада км.

Видимо, дакле, да се конус Земљине сенке пружа далеко преко Месечеве геоцентричне путање, што ће рећи да је наилазак Месечевих помрачења осигуран — кад су испуњени раније поменути услови. Међутим, може се догодити, и догађа се, да конус Месечеве сенке не допре до Земље, већ његов продужетак; тада наступа посебна врста помрачења Сунца.

Врсте Сунчевих помрачења. — Сунчева помрачења можемо поделити у четири врсте.

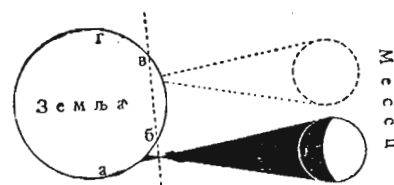
1 — До *делимичног* (парцијалног) помрачења долази на оним деловима Земљине површине на које падне Месечева полусенка (сл. 7, а).

2 — *Потпуно* (тотално) помрачење Сунца имају она места Земљине површине на која падне Месечева сенка (сл. 7, б). Потпуно помрачење пропраћено је увек и делимичним, док делимично помрачење може да се догоди и без потпуног.



Сл. 7 — Шематски приказ делимичног (а), потпуног (б) и прстенастог (в) помрачења Сунца

3 — До *прстенастог* помрачења долази када конус Месечеве сенке не допире до Земље, него његов продужетак (сл. 7, в); за посматрача на том делу Земљине површине је привидни Месечев диск нешто мањи од Сунчевог, те не може да га потпуно закљони.



Сл. 8 — Шематски приказ прстенастог-потпуног помрачења Сунца. На деловима Земљине површине од а до б и од в до г помрачење се види као прстенасто, а на делу од б до в — као потпуно

4 — До *прстенастог-потпуног* помрачења долази током оних код којих врх конуса Месечеве сенке допире само до једног дела Земљине површине, довољно блиска Месецу, док до другог допире само продужетак овог конуса (сл. 8). Зато се овакво помрачење у првом делу види као потпуно, а на осталом као прстенасто.

За оволику разноликост у врстама Сунчевих помрачења имамо да захвалимо само тој околности што су и димензије и даљине небеских тела која у овим појавама учествују — онакве какве јесу. Да је, однекуд, Месечев пречник само за 6 процената мањи, са Земље би се могла видети само — делимична и прстенаста помрачења Сунца. Никако и никад потпуна. А прстенаста би опет непозната била за посматрача са Земље, да је Месечев пречник за само 9 процената већи него што је. Исто тако би се могло показати да ни Месечева даљина од Земље не би морала да претрпи велике промене, па да две врсте Сунчевих помрачења постану немогућне, а остану само две врсте могућне.

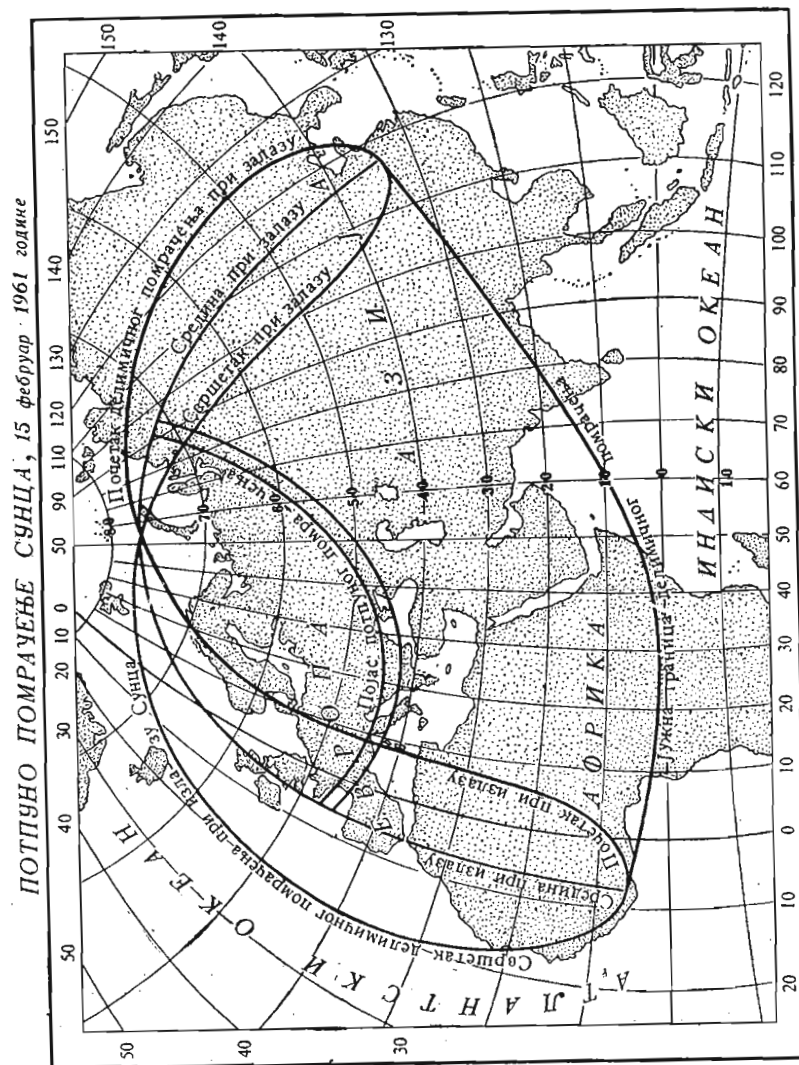
Део Земљине површине са којега се види делимично помрачење Сунца ограничен је неправилном овалом (сл. 9), или има облик појаса ширине од по више хиљада километара. Ова област, међутим, никада не може достићи површину Земљине полусфере, окренуте Сунцу и Месецу у току ове појаве.

Са потпуним и прстенастим помрачењима је друкчији случај. Површина коју покрива у било којем тренутку Месечева сенка има облик елипсе, ређе круга, релативно незнатних димензија: код прстенастих помрачења износи дужина велике осе ове елипсе до 370 km, код потпуних — до 270 km. Услед Месечева кретања и Земљине ротације, током помрачења, сенка се помера по Земљиној површини: од запада ка истоку, описујући по њој траку просечне ширине од око 160 km, дугу и по више хиљада километара (сл. 9). Средња брзина којом се сенка креће по површини Земље достиже око 1045 m/sec.

Трајања ових помрачења су врло различита, а зависе: од доба дана и године, положаја места на Земљи и брзине кретања Земље и Месеца. Просечна трајања делимичних помрачења, на нашим географским ширинама, износе нешто преко 3 часа. Фаза потпуног помрачења на одређеном месту на Земљи траје свега неколико минута; најдуже њено трајање је око 7.7 минута. Но ова су помрачења веома ретка. Најдуже трајање прстенастог помрачења је 12.3 минута, но и то само у изузетно ретким случајевима.

Геометриски елементи помрачења. — Како је напред речено, до Сунчевих помрачења може доћи само ако се конјункција Месеца са Сунцем догоди у чвору Месечеве путање, или у његовој довољној близини. Да бисмо могли одредити ову даљину од чвора, послужићемо се, прво, сликом 10. Њоме ћемо одредити највећу (сферну) даљину између средишта привидних котура Месеца и Сунца, при којој још може доћи до било које врсте Сунчева помрачења.

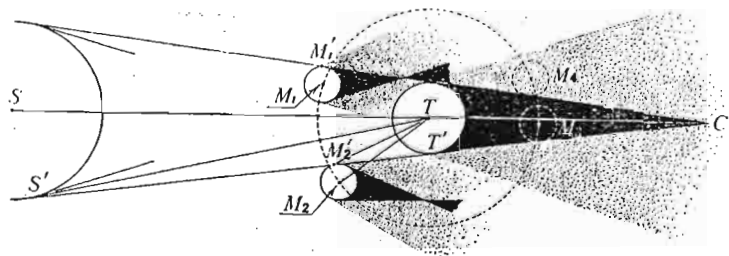
Нека S и T претстављају на њој средиште Сунца и Земље, а C врх конуса Земљине сенке. За раван цртежа узета је еклиптичка раван. За тренутак ћемо занемарити нагиб Месечеве путањске равни; дакле претпоставићемо да се поклапа са еклиптичком равни. Са слике тада постаје јасно да до делимичног помрачења Сунца — за Земљу уопште — може доћи само ако је



Сл. 9

угловна даљина средишта Сунца и Месеца једнака углу STM_2 , или мања од овог угла. У овом граничном положају Месечева, тј. M_2 , његова полусенка додирује Земљу. А до потпуног (или прстенастог, како је на слици приказано) помрачења — за Земљу уопште — видимо да ће доћи кад се Месец нађе у положају M_1 , тј. ако је угловна даљина средишта Сунца и Месеца (мерена из Земљина средишта) једнака углу, одн. мања од угла M_1TS . Тада Месечева сенка пада на Земљу.

Геометриски се можемо, другим речима, овако изразити. До делимичног помрачења Сунца долази ако Месец споља додирне површину конуса Земљине сенке (тј. његова продужетка ка Сунцу), а до потпуног помрачења долази ако ту површину изнутра додирне.



Сл. 10

Тако видимо да главну улогу у условима за Сунчева помрачења игра угловна вредност половине отвора конуса Земљине сенке, рачуната из средишта Земље; дакле угао M_1TS (или M_2TS). Повећа ли се овај за вредност Месечева (геоцентричног) привидног полупречника (на слици угао M_2TM_2), добива се гранична вредност угловне даљине (привидних) средишта Сунца и Месеца, при којој још може доћи до делимичног Сунчева помрачења, за било коју тачку Земљине површине. Гранична даљина за потпуно помрачење биће — према ономе што је речено — једнака разлици поменутих углова; као што се и са слике лепо види.

Да бисмо нашли вредност угла STM_2 , израчунаћемо, прво, половину угла отвора конуса Земљине сенке, тј. угао SCS' . А то је угао код темена C у троуглу $S'TC$. Угао овога троугла са теменом у S' (дакле угао $TS'C$) је паралакса Сунца, што ће рећи угао под којим би се са Сунца видео Земљин полупречник. Његова је вредност $0'.1$. Угао $S'TS$, као спољни за троугао $S'TC$, претставља Сунчев привидни (геоцентрични) полупречник; средња му је вредност $16'.0$. А како је $TCS' = STS' - TS'C$, добивамо да је угао SCS' једнак разлици Сунчева привидног полупречника и његове паралаксе: дакле $15'.9$.

Сад можемо одредити вредност угла STM_2 , из троугла M_2CT , чији је он један од спољних углова. Унутрашњи су му углови онај у темену C , који

смо управо одредили, и угао TM_2C , који није ништа друго до Месечева паралакса (или угао под којим би се са Месеца видео Земљин полупречник, TT'), чија средња вредност износи $57'.0$. Тако видимо да је угао STM_2 једнак збиру Месечеве паралаксе и половине угла отвора конуса Земљине сенке, дакле $57'.0 + 15'.9 = 72'.9$. Приметимо ли још да средња вредност Месечева привидног полупречника, мерена из Земљина средишта, износи $15'.5$, налазимо за граничне вредности (сферних) даљина средишта привидних котура Сунца и Месеца:

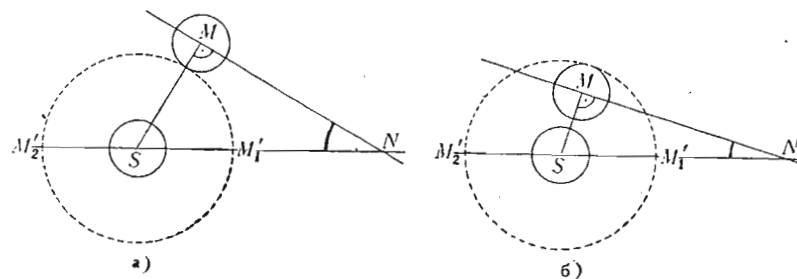
$$\text{за делимична помрачења Сунца:} \quad 72'.9 + 15'.5 = 88'.4,$$

$$\text{за потпуна (или прстенаста) помрачења Сунца:} \quad 72'.9 - 15'.5 = 57'.4.$$

То су, као што видимо, мали углови, што, уједно, и оправдава претпоставку о поклапању Месечеве и Земљине путањске равни.

Еклипсне границе. — Сада можемо одредити и границе сферних даљина Месеца и Сунца од чвора Месечеве путање, при којима долази до помрачења. Нека у ту сврху претстављају на слици 11: права MN део Месечеве геоцентричне путање, а SN — део еклиптике. Круг што пролази кроз тачке M' и M_1 (ознаке су исте као и на претходној слици) претставља пресек конуса Земљине сенке са равни нормалном на правцу Земља — Сунце, а која такође пролази кроз те тачке. Средиште тог круга је на еклиптици, а поклапа се са средиштем Сунчевим. Тачка N је један од чворова Месечеве путање.

До делимичног помрачења Сунца долази, како већ рекосмо, кад Месечев котур споља додирне круг пресека конуса сенке (сл. 11, а). Пренесимо у мислима слику 11 на привидну небеску сферу, чије се средиште поклапа са



Сл. 11

Земљиним, одакле ово све и посматрамо. Тако ће тачке M , S и N постати темена правоуглог сферног троугла, чија су нам два елемента позната: катета SM , тј. највећа сферна даљина средишта привидних котура Сунца и Месеца у случају делимичног помрачења, која износи $1'28''$; и угао код темена N , тј. нагиб Месечеве путањске равни, чија средња вредност износи $5'08''$. Према

томе можемо одредити било хипотенузу (NS), тј. Сунчеву даљину од чвора, било катету (NM), тј. Месечеву даљину од исте тачке. Другим речима, можемо одредити даљине на којима треба ова тела да се налазе од чвора, да би до помрачења могло доћи. — На сличан начин можемо одредити даљине од чворова на којима треба поменути тела да се налазе, да би могло доћи до потпуних (прстенастих) помрачења (сл. 11, б).

Ако пођемо од средњих вредности привидних полупречника Сунчева и Месечева и нагиба Месечеве путањске равни, за сферне даљине од чворне линије, на којима треба да се налази Сунце, да би до помрачења могло доћи, добивају се вредности: $16^{\circ}42'$ за делимично, а $10^{\circ}45'$ за потпуно помрачење. Ово су, међутим, само средње вредности тих сферних даљина, јер оне нису сталне. Оне се крећу за Сунчева помрачења:

$$\begin{aligned} \text{делимична} & \text{ — између } 18^{\circ}30' \text{ и } 15^{\circ}20', \\ \text{потпуна} & \text{ — између } 11^{\circ}50' \text{ и } 9^{\circ}55'. \end{aligned}$$

То значи ако је Сунчева угловна даљина од Месечеве чворне линије, у тренутку конјункције, већа од $11^{\circ}50'$, до потпуног помрачења не може доћи; ако је та угловна даљина мања од $9^{\circ}55'$, до потпуног помрачења мора доћи. А ако је мања од $11^{\circ}50'$, а већа од $9^{\circ}55'$, онда се мора рачунати тачно за датум и тренутак конјункције, па видети да ли ће помрачење бити потпуно или само делимично.

Ако су у питању Месечева помрачења, на којима се овде нећемо задржавати, напомињемо да се све што је речено може и за њих поновити, узимајући само у обзир граничне положаје Месеца при његову делимичном (M_4 на слици 10), одн. потпуном (M_3) помрачењу. Притом се може приметити да је на тим местима конус Земљине сенке ужи, што за последицу има ближе границе даљина од чвора, у којима се ова помрачења могу догодити. За делимична помрачења су оне око 10° , а за потпуна око $4^{\circ}.5$. Стога су и Месечева помрачења ређа од Сунчевих, али се, ипак, са одређеног места на Земљи, чешће посматрају од Сунчевих. Овај привидни парадокс објашњава се околношћу што се сва Месечева помрачења виде са свих тачака Земљине полусфере која је, током појаве, окренута Месецу. Тако је, напр., 1931 било три Сунчева и два Месечева помрачења, од којих се из наше земље Сунчево ниједно није могло посматрати, а Месечева су оба помрачења била код нас видљива.

Периодичност помрачења. Сарос. — Изгледа да су источни народи још у VI-ом веку пре н. е. знали да се помрачења понављају истим редом после 18 година и неколико дана. Овај времени размак назван је, касније, *сарос*. А више је него вероватно да се до овог сазнања дошло искључиво посматрањима помрачења. Ту периодичност ових појава можемо једноставно објаснити и на овај начин.

Напред је речено да су за наилазак помрачења потребна и довољна два услова: прво, да Месец буде са Сунцем у конјункцији, одн. опозицији и,

друго, да сферна даљина Сунца одн. Месеца од чвора Месечеве путање буде мања, или бар не већа, од одређене вредности. С друге стране, познато је, прво, да се Месечеве мене понављају у размацима једнаким синодичком месецу, чије је средње трајање 29.53059 дана, и, друго, да кроз исти чвор своје путање Месец пролази у размацима једнаким тзв. *драконийичком месецу* — који износи 27.21222 дана. Значи ако се у извесном тренутку извесна Месечева мена догоди у чвору његове путање, она ће се, у том чвору, поновити после одређених целих бројева синодичких и драконитичких револуција. Тако је одавно већ познато да је

$$\begin{aligned} 223 \text{ синодичка месеца} & = 223 \times 29.53059 \text{ дана} = 6585.32 \text{ дана,} \\ 242 \text{ драконитичка месеца} & = 242 \times 27.21222 \text{ дана} = 6585.36 \text{ дана.} \end{aligned}$$

То значи да ће се у размацима од по $6585\frac{1}{3}$ дана исти распоред ових трију небеских тела понављати. Према томе, трајање сароса износи 18 година и $10\frac{1}{3}$ или $11\frac{1}{3}$ дана, што зависи од броја преступних година у њему.

Како сарос не садржи цео број дана (дакле потпуних ротација Земље), ни помрачења Сунца се, по истеку сароса, неће одигравати на истом делу Земљине површине, већ на делу за око 120° западније, колико се за оних $\frac{1}{3}$ дана Земља обрне око своје осе. С друге стране, познато је да чворови Месечеве путање нису непокретни: и они се крећу по еклиптици. Као последица овог кретања долази до померања области видљивости помрачења на површини Земље ка северу (ако је претходно помрачење било у близини силазног чвора), односно ка југу (ако се претходно помрачење догодило у близини узлазног чвора). Ово илуструје слика 12. — Како је износ овог померања, ка северу или југу, знатно мањи од оног раније поменутог померања, ка западу (које износи око трећине пуног угла), то ће се помрачења после три сароса понављати у релативно блиским областима Земље (сл. 12). И ову чињеницу су запазили још стари астрономи.

Због поменутог кретања Месечевих чворова Сунце ће, у току свог привидног кретања по еклиптици, кроз исти чвор пролазити у размацима од по 346.62003 дана (тзв. *еклипсна година*). Деветнаест ових „година“ је за око 0.5 дана дуже од сароса, што значи да ће се Сунце, после тог броја дана, налазити за око пола степена даље од свог полазног положаја. Ако се сад узму у обзир раније поменуте границе сферних даљина Сунчевих од чвора, долази се до закључка да се помрачења Сунца понављају током неких 70 сароса, или периода од око 1300 година. Око 45 од ових 70 помрачења, и то из средине тог великог циклуса, су тзв. *централна* (тј. потпуна, прстенаста или прстенасто-потпуна). Циклус Месечевих помрачења траје око 900 година, током којих протеку нешто више од 50 сароса.

Велики циклус фебруарског помрачења. — Историја помрачења које очекујемо, 15 фебруара 1961, почела је средином маја 915 године н. е., када је, за време млада месеца, Месечева полусенка прошла непосредно „испод“ Земље. не додирнувши јој површину. После једног сароса, маја 933,



Сл. 12 — Појаси потпуних помрачења Сунца. Помрачења од 1943, 1961 и 1979 раздвојена су временним интервалом од једног, а она од 1852, 1907 и 1961 — интервалом од три сароса

Месечева полусенка је пала на Земљу, те је, за малу област око Јужног пола, наступило краткотрајно делимично помрачење Сунца. Помрачења која су за овим наилазила била су опет делимична, но све дужа и за све веће Земљине површине. Оваквих је било укупно 7 — до јула 1041. Код наредног помрачења (наредног сароса) овог циклуса, оног дакле од августа 1059, Земљину површину је додирнула и Месечева сенка, али је Земљин пратилац био на таквој даљини од ње, да је помрачење било прстенасто. И наредна 24 помрачења

била су такође само прстенаста; последње међу овима било је 26 априла 1492, када је појас централитета по други пут прешао на северну Земљину хемисферу. Наредно помрачење, 8 маја 1510, било је, на извесним местима, већ и потпуно; за њим су наишла још два оваква, прстенасто-потпуна, помрачења. Најзад, 8 јуна 1564, помрачење је било потпуно дуж целог појаса централитета (који се пружао преко Тихог океана). Овим је почео низ потпуних помрачења Сунца овога циклуса; помрачење од 15 фебруара 1961 је 23 по реду потпуно, у том циклусу. Биће их још 4 (последње ће бити 30 марта 2033 — по пространству веома мало помрачење, североисточно од Аљаске), да затим наиђе низ делимичних помрачења на високим географским ширинама. У прегледу помрачења, одакле су узети ови подаци, наведено је 7 оваквих делимичних помрачења: са последњим од 16 јуна 2159. Сам циклус ће се завршити, вероватно, негде у XXIII-ем веку, када ће Месечева полусенка „промаштити“ Земљу. У међувремену ће се, наравно, низати помрачења из великог броја других циклуса.

Канон помрачења. — Најпотпунији попис помрачења Сунца и Месеца претставља Oppolzer'ов „Канон помрачења“, објављен 1887 године. Он садржи основне податке о 8000 Сунчевих и 5200 Месечевих помрачења, тј. о свим Сунчевим између 10 новембра 1208 пре н. е. (по јулијанском) и 17 новембра 2161 н. е. (по грегоријанском календару) и свим Месечевим помрачењима између 21 априла 1207 пре н. е. и 12 октобра 2163 н. е., и то на целој површини Земље.

На 320 страна великог формата дати су подаци за централна и делимична Сунчева помрачења; за свако од њих дати су: датум и тренутак конјункције Месеца са Сунцем, при којој се помрачење догађа; двадесетак помоћних величина за детаљније израчунавање тока помрачења; а за централна — и географске координате трију места, наиме оних, са којих се почетак помрачења види при излазу Сунца, средина помрачења у подне, односно његов завршетак при залазу Сунца. Помоћу ових тачака се на карти може, приближно, нацртати средишња линија појаса тоталитета. Но то је урађено и у самом „Канону“: он садржи и 160 карата северне Земљине хемисфере (и до 30° јужне географске ширине), на којима су уцртане ове линије за сва помрачења која се могу видети са поменутих ширина.

Нешто мањи обим дела заузимају подаци о Месечевим помрачењима: датуми и тренуци опозиције Месеца са Сунцем, величина помрачења (тј. део Месечева привидног пречника који је замрачен), половина трајања делимичног и потпуног помрачења. За оријентацију о видљивости помрачења са Земљине површине дате су географске координате места, у чијем се зениту налази Месец у тренутку највеће фазе помрачења.

У опширном уводу овог дела детаљно се објашњава начин коришћења свих података.

Касније је издано још неколико прегледа помрачења. Неки од ових су и тачнији од Oppolzer'ова, али махом обухватају мањи временни интервал

и само нека подручја Земље. Или су у њима наведена само потпуна (одн. и прстенаста) помрачења Сунца и Месеца.

Годишњи бројеви помрачења. — Према трајању еклипсне године закључујемо да Сунце, у току свог привидног кретања, кроз чворове Месечеве путање може, у најповољнијем случају, три пута годишње да прође: почетком, средином и крајем године (календарске). Чешћи је случај да се то догоди двапут годишње. Узмемо ли у обзир границе даљина од чвора, у којима се могу догодити Сунчева помрачења, наћи ћемо да у њима Сунце пробави нешто више од 30 дана; више, дакле, но што траје Месечева синодичка револуција. Зато се свакако у овом временом интервалу може догодити једно Сунчево помрачење, а могу и два.

Што се Месечевих помрачења тиче, Сунце привидно проведе у близини чворова, где су она могућа, само око 24 дана — дакле нешто краће време но што траје циклус Месечевих мена. Стога је, у најповољнијем случају, могуће само једно помрачење Месеца, док се Сунце налази у близини чвора. А може проћи и без иједног помрачења.

Дакле: у календарској години су могуће три, а сигурне — две групе помрачења. У свакој од ових група могућа су два Сунчева и једно Месечево помрачење; но сигурно је само једно Сунчево. Ред помрачења у групи са највећим бројем је: Сунчево, Месечево, Сунчево. Како, међутим, година није довољно дуга да би се у њој могле изређати три овакве групе, то ће и при најповољнијим околностима бар једна од њих бити непотпуна. Стога ћемо моћи разликовати три случаја:

	Почетак године	Средина године	Крај године
I случај:	S M S	S M S	S,
II случај:	M S	S M S	S M,
III случај:	S	S M S	S M S,

где су са S означена Сунчева, а са M Месечева помрачења. Године са пет Сунчевих помрачења (највећи могућ број) — случајеви I и III — врло су ретке. У Oppolzer'ову „Канону“ први случај је забележен свега петнаест пута (у овом миленијуму три пута: 1255, 1805 и 1935), а трећи случај — ниједном!

Према томе ће број помрачења у току године бити:

	Највећи	Најмањи
укупно	7 (5 S и 2 M или 4 S и 3 M)	2 (оба S)
Сунчевих	5	2
Месечевих	3	0

Просечан број помрачења Сунца у једном веку (по „Канону“ Oppolzer'a) је 238. Од тога су

84 делимична,	77 прстенаста,
66 потпуна,	11 прстенасто-потпуна.

Просечан број Месечевих помрачења у једном веку је 154, од којих су 71 потпуна.

Прошла Сунчева помрачења у нашој земљи. — Помрачења Сунца припадају категорији појава које могу бити од значаја и за Хронологију, а, преко ове, и за Историју. Као врло упечатљиве појаве, које и обичан свет примећује и памти, Сунчева помрачења су, како већ рекосмо, од најдавнијих времена уношена у старе хронике и записе. Како, међутим, датуме Сунчевих помрачења и из тих далеких времена данас довољно тачно знамо, помоћу њих смо у могућности да друге догађаје, који нису довољно тачно или довољно поуздано датирани, прецизно датирамо.

Овде ћемо дати кратак преглед података, рађен према Oppolzer'ову „Канону“, о свим Сунчевим потпуним и прстенастим помрачењима, која су могла бити виђена са територије наше садашње државе од 1000 год. н. е. наовамо. Напомињемо, притом, да је област видљивости ових помрачења само приближна. У угласту заграду је стављен редни број оног помрачења, за које није потпуно сигурно да је могло бити виђено из наших крајева као потпуно (или прстенасто). Ево, дакле, тих помрачења од почетка овог миленијума:

[1] — 16 марта 1010 (по старом календару), непосредно пред залаз Сунца, није искључено да је у Истри и северној Далмацији било видљиво прстенасто помрачење.

2 — 29 јуна 1033, у раним преподневним часовима, појас прстенастог помрачења је прешао преко Словеније, Славоније и Војводине.

3 — 23 септембра 1093, непосредно пред подне, појас прстенастог помрачења захватио је средње и североисточне крајеве наше земље, пружајући се у правцу од северозапада ка југоистоку.

[4] — 2 августа 1133 је вероватно било видљиво потпуно Сунчево помрачење из Војводине и северне Србије.

[5] — 26 октобра 1147 изгледа да је било видљиво прстенасто помрачење са наших острва, а можда и са саме далматинске обале. Појас централитета се протезао дужином Јадранског мора.

[6] — 26 јануара 1153 се, можда, могло видети прстенасто помрачење са северозападних дела Словеније.

7 — 3 јуни 1239: потпуно помрачење које је описао архијакон Тома; видело се у Далмацији, Босни и Србији.

[8] — 6 октобар 1241: потпуно помрачење, током којег је Месечева сенка, вероватно, прешла преко Војводине и малог дела северне Србије.

9 — 1 априла 1261 пред подне могло се видети прстенасто помрачење у јужној и југоисточној Македонији.

10 — 23 марта 1270, одмах по излазу Сунчеву, појас прстенастог помрачења захватио је северно Приморје и Хрватску.

[11] — 1 јануара 1386 могло је бити видљиво потпуно помрачење Сунца у крајњим јужним деловима Македоније.

12 — 12 фебруара 1431, пред залаз Сунца, појас потпуног помрачења прешао је преко наше земље, од југозапада ка североистоку.

13 — 16 марта 1485 је појас потпуног помрачења прешао преко наших крајева, захватајући делове Словеније, Славоније и Војводине.

[14] — 1 октобра 1502 могло је бити видљиво прстенасто помрачење у Војводини.

15 — 8 јуна 1518, краће време по излазу Сунца, прстенасто помрачење у северној Далмацији и Хрватској.

16 — 7 април 1540: непосредно по излазу Сунца потпуно помрачење у северној Далмацији и Хрватској.

17 — 9 априла 1567 било је прстенасто-потпуно помрачење у јужној Далмацији, Црној Гори и Србији.

18 — 2 јула 1666 (по грегоријанском календару) пре подне могло се видети прстенасто-потпуно помрачење на Приморју, у Босни и Србији.

[19] — 6 децембра 1695, непосредно по излазу Сунца, вероватно се могло видети потпуно помрачење у Црној Гори.

20 — 11 фебруар 1804: прстенасто-потпуно помрачење, видљиво у средњој Далмацији, Босни и Војводини.

21 — 8 јули 1847: прстенасто помрачење на јужном Приморју.

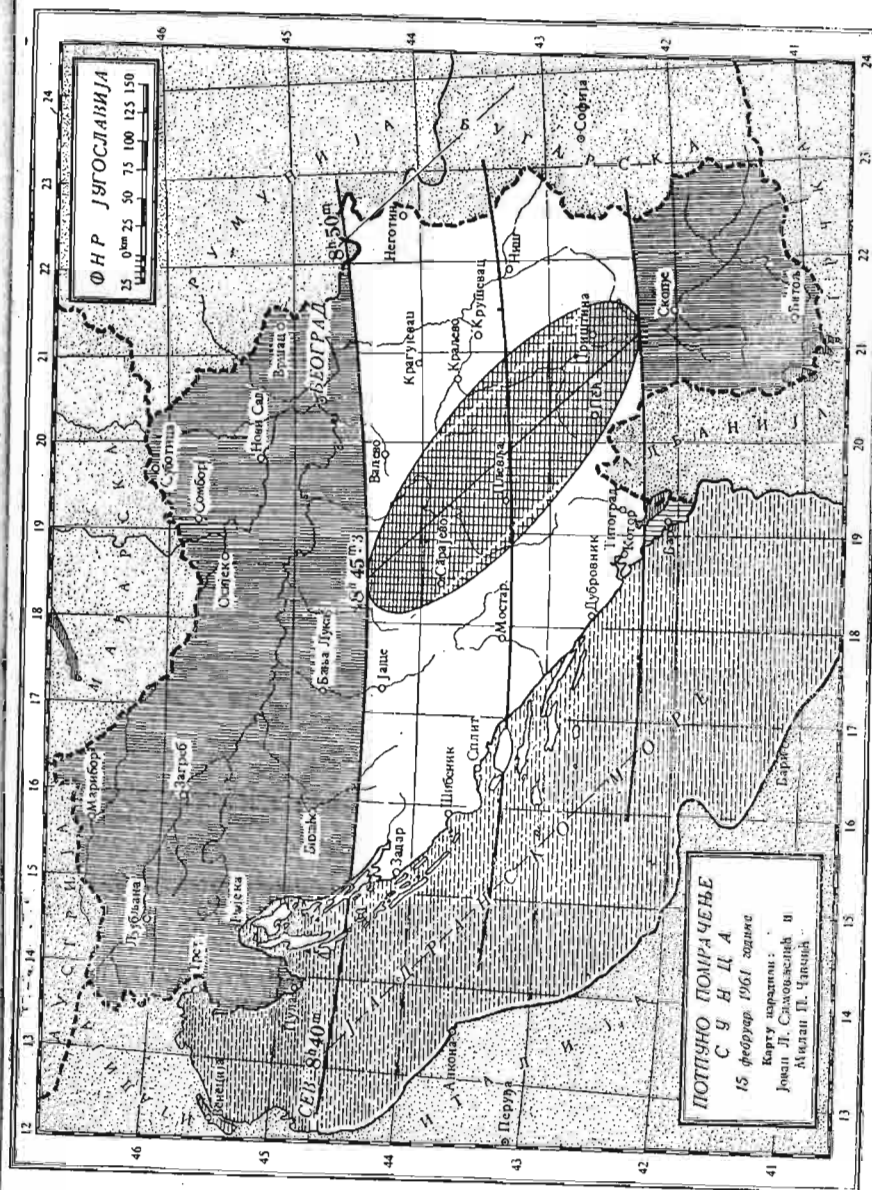
22 — 6 марта 1867, пред подне, видело се прстенасто помрачење у средњој Далмацији, Босни и Војводини.

Следеће помрачење ће бити 15 фебруара 1961.

Ток наредног фебруарског помрачења. — На сл. 9 приказан је део Земљине површине са кога ће се видети фебруарско Сунчево помрачење. Област видљивости делимичног помрачења захвата целу Европу, северну половину Африке и већи део Азије. Појас потпуног помрачења протеже се преко јужне Француске, северне Италије, средине наше земље, дела северне Албаније, јужне Румуније, северне Бугарске, јужних и југоисточних области европског дела Совјетског Савеза. У Азији појас пролази западним и северо-западним деловима Сибира. Интересантно је да је најјужнији део овога појаса у нашој земљи.

Преко Југославије ће Месечева сенка прећи за десет минута: од 8^h40^m до 8^h50^m средњеевропског времена, дакле у раним преподневним часовима (сл. 13). Облик и положај Месечеве сенке дат је на карти за 8^h45^m.3 СЕВ; сва места која се налазе у томе делу земље видеће у то време потпуно помрачење Сунца. У местима дуж западног руба ове елипсе управо се завршава потпуно помрачење, док у онима дуж источног руба ова појава баш почиње. — Велика полуоса елипсе сенке износи, тада, 170, а мала 56 km. Брзине којима се сенка креће, у смеру од запада ка истоку, износи на западном крају земље око 1400 m/sec, а на крајњем истоку Југославије — око 970 m/sec.

Облик сенке се мења: на западу наше земље је она нешто издуженија и ужа но на истоку. Како у сваком месту потпуно помрачење траје онолико колико је Месечевој сенци потребно да преко њега пређе, то закључујемо —



имајући нарочито у виду и поменути променљивост брзине кретања сенке — да је трајање потпуног помрачења на западу краће но на истоку.

Током кретања сенке њена најсевернија и најјужнија тачка описују северну и јужну границу појаса потпуног помрачења. Прва се протеже нашом земљом близу острва Сусак, Малог Лошиња, Карлобага, Мркоњићграда, Жепча, Завидовића, Бановића, Зворника, Уба, Младеновца и Кладова. Јужна граница пролази у близини Будве, Св. Стефана, Вирпазара, Призрена и Прешева. — Овде треба да напоменемо да је израчунавање граница појаса потпуног помрачења доста компликован посао, те се, скоро увек, прибегава приближним методама за њихово одређивање. Тако је поступљено и код овог помрачења. Зато се ове границе, како су учртане на приложеним картама, не могу сматрати потпуно тачним (оне, напр., прелазе и преко терена врло различитих надморских висина); другим речима, могу се код њих очекивати и одступања од 1—2 km ка северу или југу.

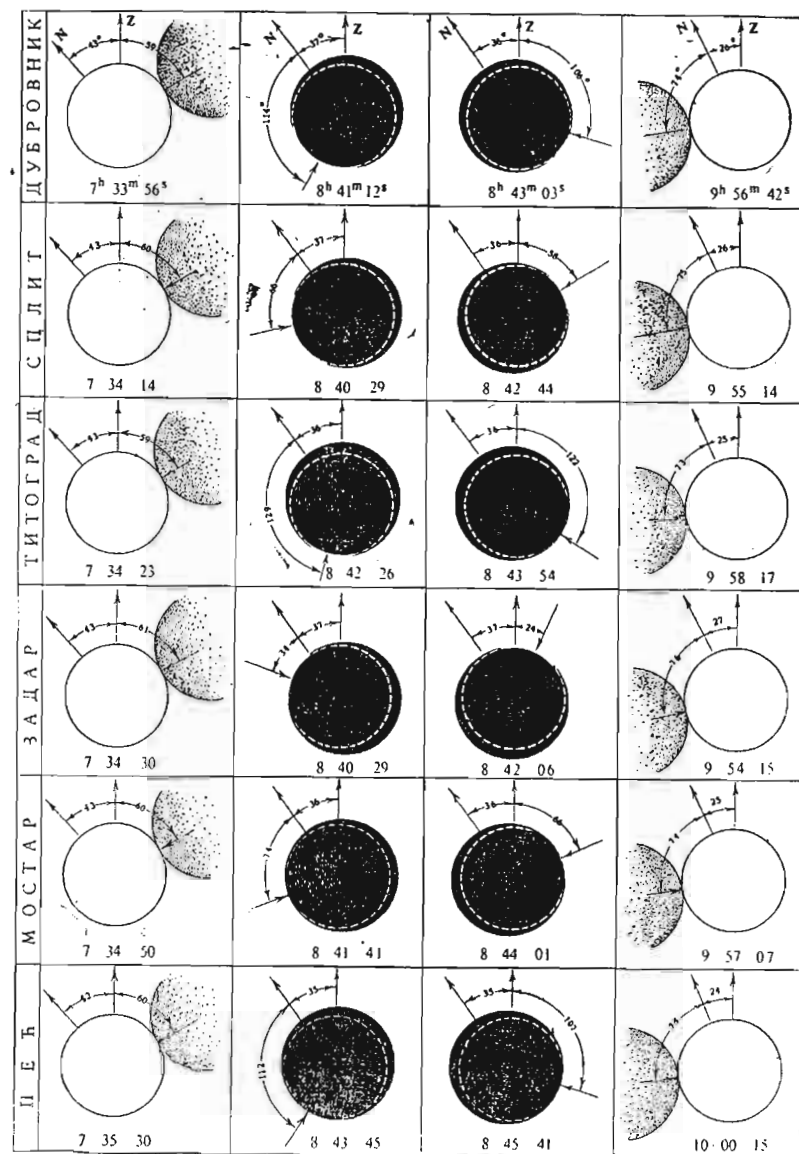
Средиште елипсе Месечеве сенке описује средишњу линију појаса тоталитета. Није тешко закључити да је трајање тоталитета најдуже у местима на овој линији. Она пролази преко средине острва Брач, затим крај Макарске, Мостара, врха Маглића, Плевља, Сјенице, врха Голје, Бруса, врха Јастрепца и Сврљига.

Основни подаци о току помрачења у петнаест места овога појаса дати су на сл. 14, 15 и 16. Ток појаве описаћемо како ће га видети посматрачи из Мостара (наравно, ако дозволе атмосферске прилике).

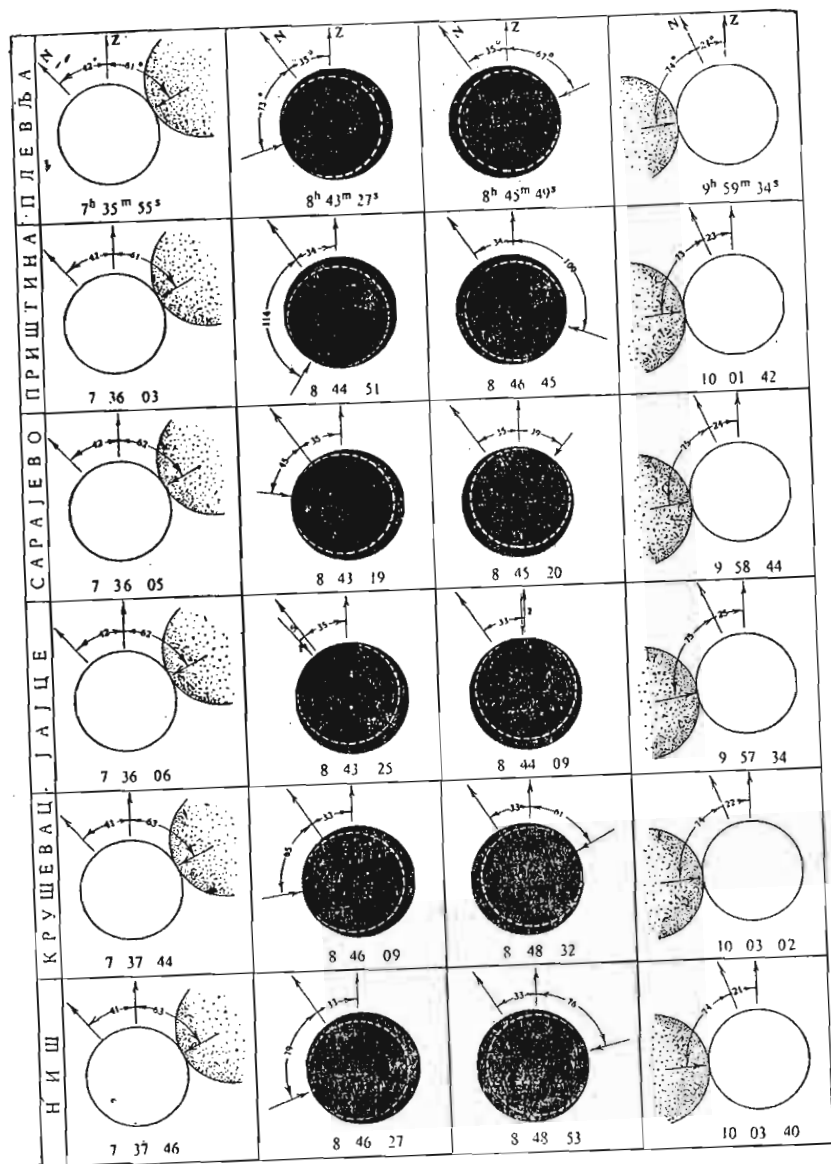
У 7^h34^m50^s средњеевропског времена тамни Месечев котур додирнуће Сунчев котур, са његове западне стране, тачније — на положајном углу од 60°, рачунаном од правца ка зениту (Z на слици), према западу. Правац ка северном небеском полу у томе тренутку показује стрелица означена са N. — Ово је тренутак кад у Мостару почиње делимично помрачење. Стручно се то зове *тренуџак првог* (или *првог сјољњег*) *додира* (контакта). Неколико секунда касније посматрачи ће и голим оком (кроз тамно или нагарављено стакло!) приметити да је сјајни Сунчев котур на том месту окрњен.

Помрачење се, затим, појачава: Месец заклања све већи део Сунца, но још се не примећује да светлост дана слаби. Један час отприлике после почетка помрачења од Сунчева сјајног котура преостало је само још узан срп, чија је испупчена страна окренута ка североистоку. Ускоро ће, међутим, осветљеност видика почети да слаби, околни предмети добивати тамно-модру боју.

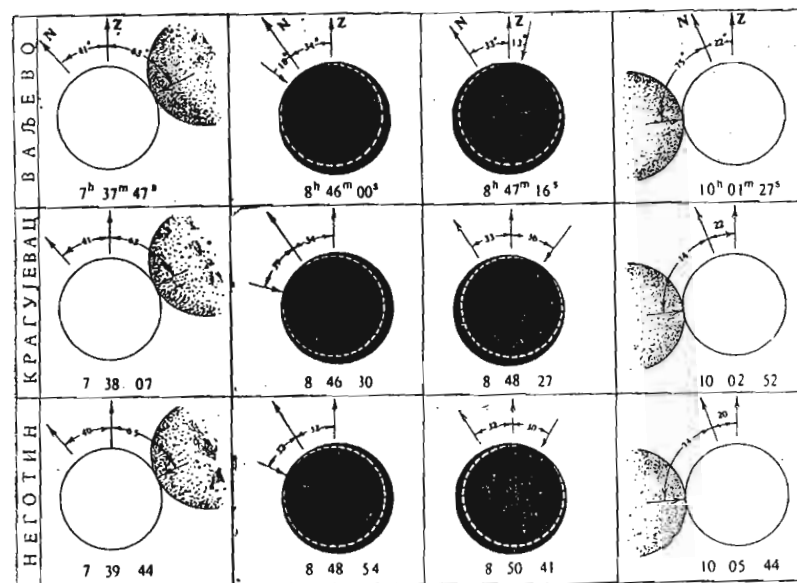
У 8^h41^m41^s нестаће и последњег сјајног дела Сунца, на положајном углу од 110°, рачунаном од правца ка зениту (горње тачке Сунчева руба) преко истока. Овај тренутак се стручно зове *тренуџак другог* (или *првог унутрашњег*) *додира*. Такорећи тренутно ће светлост дана толико ослабити, да ће посматрач стећи утисак да је наједном пао мрак: почело је потпуно помрачење Сунца. Но чим му се вид привикне на ову таму, запазиће да је осветљеност као у време сумрака. Место Сунца на небеском своду заузео је потпуно црни Месечев котур, окружен Сунчевом короном. Ниско над хоризонтом, на



Сл. 14 — Главне фазе потпуног помрачења Сунца од 15 фебруара 1961 у: Дубровнику, Сплиту, Титовграду, Задру, Мостару и Пењу



Сл. 15 — Главне фазе потпуног помрачења Сунца од 15 фебруара 1961
у: Плевљима, Приштини, Сарајеву, Јајцу, Крушевцу и Нишу



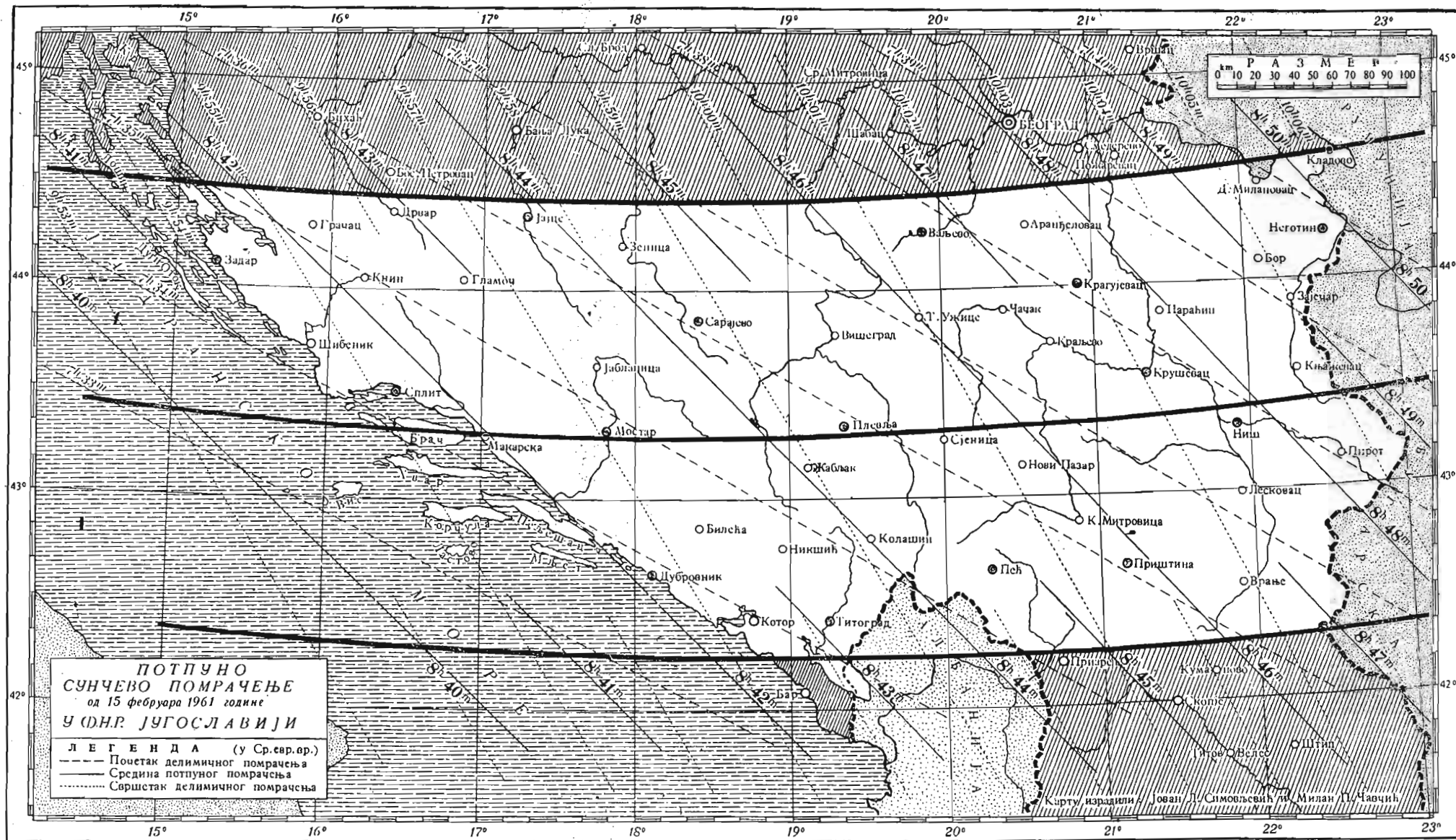
Сл. 16 — Главне фазе потпуног помрачења Сунца од 15 фебруара 1961
у: Ваљеву, Крагујевцу и Неготину

истоку, блистаће Венера; између ње и помраченог Сунца, ближе овоме, добар посматрач ће приметити Меркура. Он је у сазвежђу Водолије, где нема сјајнијих звезда. Нешто даље од Сунца ка западу, но још увек источно од меридијана, блистаће, веома близу један другом, Јупитер и Сатурн. Марс је, током помрачења, под хоризонтом (у сазвежђу Близанаца).

Тренућак шрећег (или *другог унућрашњег*) додира привидних котура Сунца и Месеца наступа, у Мостару, $2^m 20^s$ касније, тј. у $8^h 44^m 01^s$: то је тренутак завршетка потпуног помрачења. На положајном углу од 66° , рачуна- том опет ка западу, појавиће се, у том тренутку, први зрак сјајне Сунчеве плоче, што ће вратити светло дана. Посматрачу ће се сад учинити — опет само због велике разлике у осветљености — да је тога тренутка свануо дан. —

Фаза тоталитета је, дакле, трајала $2\frac{1}{3}$ минута.

По завршетку ове фазе наилази друга половина делимичног помрачења: Месец сад све више открива Сунце, тако да ће га у $9^h 57^m 07^s$ потпуно открити. Нешто пре овог тренутка приметите се да је Сунчев котур, на положајном углу од 99° (рачунатом ка истоку) још врло мало окрњен. Овај тренутак завршетка делимичног помрачења, дакле и помрачења уопште, зове се *шрећућак четвртог* (или *другог сивољег*) додира.



Напоменимо да је на сликама, да би биле јасније, Месечев привидни котур нацртан нешто већи но што јесте, у односу према Сунчеву. Разлика привидних полупречника ових небеских тела је, током помрачења, свега 37-ми део Сунчева привидног полупречника.

Тренуци почетка и свршетка делимичног и средине потпуног помрачења за било које место у подручју тоталитета могу се, са довољном тачношћу, одредити помоћу приложене карте (сл. 17). На њој су повучене линије које спајају места у којима се та фаза појаве догађа у истом тренутку средњеевропског времена, означеном на самој линији. За места која се налазе између повучених линија, тренутак појаве се одређује простом интерполацијом (правилном тројним). — Линије нису извучене целом дужином, да карта не би била претрпана.

Одредићемо, примера ради, тренутак почетка и свршетка делимичног и средине потпуног помрачења у Новом Пазару. На карти се он налази између линија које означавају почетак делимичног помрачења у 7^h36^m и 7^h37^m СЕВ. Непосредним оцењивањем даљине (на карти) Новог Пазара од ових линија, или мерењем, налазимо да се први контакт у Новом Пазару догађа у $7^h36^m.4$. Истим поступком ћемо наћи да је средина потпуног помрачења у том месту у $8^h45^m.7$, а свршетак делимичног помрачења — у $10^h01^m.2$. Овако одређени тренуци биће тачни на око $0^m.1$, што је потпуно довољно за оријентацију о току појаве.

Помоћу ових линија на карти могу се, на исти начин, одредити и тренуци почетка, средине (тј. највеће фазе) и свршетка делимичног помрачења и у местима ван подручја потпуног помрачења. Ови подаци ће се добити тим тачније, што је место, за које се одређују, ближе појасу тоталитета. Тако ћемо, на пример, наћи да у Београду делимично помрачење почиње у $7^h39^m.1$, средина му је $8^h48^m.1$, а завршава се у $10^h03^m.0$. Поређењем са тачним вредностима, датим на стр. 38 овог Годишњака, видимо да се од ових разликују округло за $0^m.1$.

Узрок ових отстапања постаће нам јасан чим приметимо шта нам, уствари, претстављају линије на карти, помоћу којих одређујемо тренутке појединих фаза помрачења. Линије које нам служе за налажење тренутака почетка и свршетка делимичног помрачења нису ништа друго већ делови руба Месечеве полусенке на Земљиној површини, у појединим тренуцима. Област Земљине површине, покривене у неком тренутку Месечевом полусенком, није, наравно, ограничена правом, него кривом линијом. Међутим, како се ради о њеном малом делу, ми смо овај део заменили правом линијом, што је — за наше сврхе — довољно тачно. — Линије којима одређујемо средину потпуног помрачења претстављају низ узастопних положаја оног пречника елипсе Месечеве сенке (на површини Земље) који спаја њену најсевернију и најјужнију тачку.

Тренутке почетка, одн. свршетка потпуног помрачења могли бисмо израчунати када бисмо одредили трајање тоталитета у дотичном месту. До-

били бисмо их, само приближно, одузимањем одн. додавањем половине трајања потпуног помрачења тренутку средине фазе тоталитета. Трајање ове фазе помрачења можемо грубо проценити помоћу њена трајања у петнаест аније помених места (сл. 14, 15 и 16); знатно тачнији поступак за израчунавање тренутака унутрашњих контакта овог помрачења дат је у раду професора В. В. Мишковића „Потпуно Сунчево помрачење од 15 фебруара 1961“, који излази као књига Посебних издања Одељења природно-математичких наука Српске академије наука и уметности.

Астрономски услови овог помрачења у нашој земљи су доста неповољни, како због мале висине Сунца (16° до 21° над хоризонтом), тако и због релативно кратког трајања фазе тоталитета (испод 2.5 минута). Због раног доба дана у зимском месецу изгледа да ни метеоролошки услови неће бити много повољнији; пре би се могло казати да су они још неповољнији од астрономских. Међутим, како је од вајкада у Астрономији било, посматрач мора за појаву бити спреман; а да ли ће је, због метеоролошких услова, и стварно моћи посматрати — то је ван његових могућности да предвиди.

Подробнији опис целе појаве и свих појединости које ће се за време овог колико ретког толико и величанственог призора моћи видети (ако атмосферски услови дозволе), изложен је у поменутој монографији професора В. В. Мишковића.