Tekmovanja

10. tekmovanje v znanju astronomije – državno tekmovanje

Naloge za 7. razred

A1. Kolikokrat se Luna zavrti okoli svoje osi med dvema zaporednima ščipoma?

(**A**) Natanko enkrat. (**B**) Malo manj kot enkrat.
(**C**) Malo več kot enkrat. (**D**) V tem času naredi 1/12 obrata.

A2. Najsvetlejša zvezda na našem nebu, ki ni Sonce, se imenuje

(**A**) Sirij. (**B**) Betelgeza. (**C**) Severnica. (**D**) Vega.

A3. Skozi katero od naštetih ozvezdij ne gre ekliptika?

(**A**) Oven. (**B**) Kačenosec. (**C**) Vodnar. (**D**) Vodna kača.

A4. Kaj je navidezna magnituda?

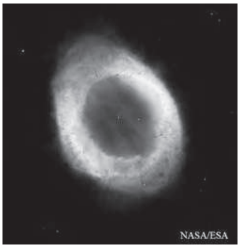
(**A**) Merilo za barvo zvezd na nebu.
(**B**) Merilo za relativno velikost zvezd na nebu.
(**C**) Merilo za to, koliko ozračje oslabi sij zvezd, ki jih vidimo na nebu.
(**D**) Merilo za navidezni sij zvezd na nebu.

A5. Od Sonca najbolj oddaljeno območje Osončja predstavlja Oortov oblak – množica manjših ledenih teles, ki so na zelo veliki oddaljenosti okoli Sonca razporejena v okrogel oblak. Kako vemo za obstoj teles v Oortovem oblaku?

(**A**) Iz Oortovega oblaka izvirajo nekateri kometi, kar astronomi ugotovijo iz njihovih orbit.
(**B**) Astronomi jih neposredno vidijo z velikimi teleskopi.
(**C**) Do teles sta že prispeli sondi Voyager in jih zaznali.
(**D**) Telesa v Oortovem oblaku so odkrili z vesoljskim teleskopom Hubble.

A6. Kakšne vrste vesoljsko telo je na sliki?

(**A**) Eksoplanet s kolobarjem. (**B**) Eliptična galaksija.
(**C**) Planetarna meglica. (**D**) Kroglasta kopica.



A7. Kateri od naštetih planetov ima najmanjšo povprečno gostoto?

(**A**) Jupiter. (**B**) Saturn.
(**C**) Uran. (**D**) Neptun.

A8. Koliko časa potuje svetloba od Sonca do nas?

(**A**) Približno 5 sekund. (**B**) Približno 50 sekund.
(**C**) Približno 500 sekund. (**D**) Približno 5 minut.

A9. Na koliko ocenjujejo temperaturo v središču Sonca?

(**A**) 6000° C. (**B**) 600000° C. (**C**) 1500000° C. (**D**) 15000000° C.

A10. Kakšne vrste je naša Galaksija?

(**A**) Spiralna s prečko. (**B**) Eliptična.
(**C**) Spiralna brez prečke. (**D**) Nepravilna.

B1. Z vrtljivo zvezdno karto odgovori na vprašanja.

A Kolikšna je v naših krajih največja višina zvezde Kapela nad obzorjem?

B Koliko časa je 1. februarja Sonce nad obzorjem?

C S kolikšnim časovnim zamikom gresta zvezdi Rigel in Betelgeza čez nebesni poldnevnik? Rezultat izrazi v minutah.

D Kolikšna je za opazovalca na severnem polu Zemlje približna zenitna oddaljenost zvezde Arktur?

B2. Zvezdana hoče določiti premer Lune. Z okroglim kamenčkom premera 5 mm natanko pokrije vso ploskvico Lune, če kamenček drži v iztegnjeni roki in gleda proti polni Luni. Razdalja med očesom in kamenčkom v iztegnjeni roki je 60 cm. Izračunaj premer Lune v kilometrih, če veš, da je Luna od Zvezdane oddaljena 400000 km.

B3. Izmeri kotno velikost polja neba (dolžino stranic fotografije v kotnih stopinjah), ki ga pokriva fotografija.

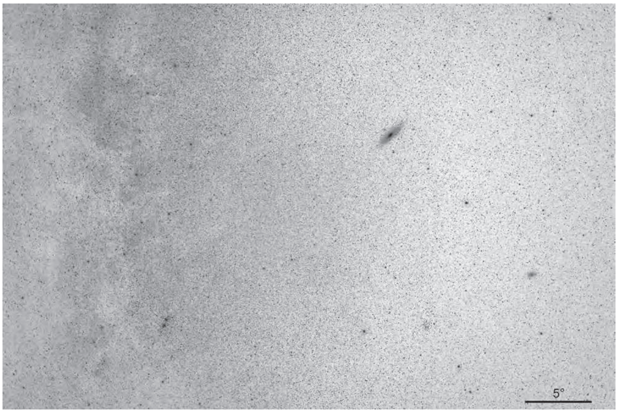
.... stopinj x .... stopinj

Na fotografiji poišči Andromedino galaksijo in jo označi z M31.

Na fotografij izmeri večji premer Andromedine galaksije in ga izrazi v kotnih minutah.

Izmeri kotno razdaljo med središčem Andromedine galaksije in središčem galaksije v Trikotniku v kotnih stopinjah.

Na fotografiji poišči dvojno kopico v Perzeju, jo obkroži in označi s črko P.



B4. Sonce skupaj s planeti v 220 milijonih let enkrat obkroži središče Galaksije. Recimo temu galaktično leto. Izračunaj, koliko galaktičnih let je staro Sonce, če je nastalo pred 4,6 milijarde zemeljskih let?

Kolikšno pot je od nastanka do danes Sonce prepotovalo, če je od središča Galaksije oddaljeno 26500 svetlobnih let in se okoli njega giblje po krožnici?

Rezultat izrazi v svetlobnih letih. Obseg kroga $ob = 2\pi r$, kjer je r polmer kroga, π pa približno 3,14.

B5. Izračunaj, koliko časa traja zahod Sonca (čas od stika spodnjega roba Sončeve ploskvice z obzorjem do trenutka, ko vsa ploskvica izgine za obzorjem) v opazovališču na Marsovem ekvatorju na dan lokalnega enakonočja.
Na Marsu je navidezni premer Sončeve ploskvice na nebu 0,34 stopinje. Sončev dan na Marsu traja 24 h 40 min.

Naloge za 8. razred

A1. Kolikokrat se Luna zavrti okoli svoje osi med dvema zaporednima ščipoma?

(**A**) Natanko enkrat. (**B**) Malo manj kot enkrat.
(**C**) Malo več kot enkrat. (**D**) V tem času naredi 1/12 obrata.

A2. Skozi katero od naštetih ozvezdij ne gre ekliptika?

(**A**) Oven. (**B**) Kačenosec. (**C**) Vodnar. (**D**) Vodna kača.

A3. Zamisli si, da jasno nočno nebo opazuješ v popolni temi in v času, ko na nebu ni Lune. Največ koliko zvezd lahko v nekem trenutku razločiš/vidiš na nebu brez teleskopa?

(**A**) Ne več kot 200. (**B**) Približno 4500. (**C**) 6000 do 10000. (**D**) Več kot 10000.

A4. Kaj je navidezna magnituda?

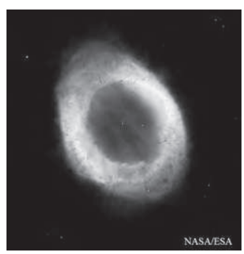
(**A**) Merilo za barvo zvezd na nebu.
(**B**) Merilo za relativno velikost zvezd na nebu.
(**C**) Merilo za to, koliko ozračje oslabi sij zvezd, ki jih vidimo na nebu.
(**D**) Merilo za navidezni sij zvezd na nebu.

A5. Od Sonca najbolj oddaljeno območje Osončja predstavlja Oortov oblak – množica manjših ledenih teles, ki so na zelo veliki oddaljenosti okoli Sonca razporejena v okrogel oblak. Kako vemo za obstoj teles v Oortovem oblaku?

(**A**) Iz Oortovega oblaka izvirajo nekateri kometi, kar astronomi ugotovijo iz njihovih orbit.
(**B**) Astronomi jih neposredno vidijo z velikimi teleskopi.
(**C**) Do teles sta že prispeli sondi Voyager in jih zaznali.
(**D**) Telesa v Oortovem oblaku so odkrili z vesoljskim teleskopom Hubble.

A6. Kakšne vrste vesoljsko telo je na sliki?

(**A**) Eksoplanet s kolobarjem. (**B**) Eliptična galaksija.
(**C**) Planetarna meglica. (**D**) Kroglasta kopica.



A7. Kateri od naštetih planetov na nebu doseže največji sij?

(**A**) Merkur. (**B**) Venera.
(**C**) Mars. (**D**) Jupiter.

A8. Na kateri višini se tipično »prižgejo« utrinki?

(**A**) 1 km. (**B**) 10 km. (**C**) 100 km. (**D**) 1000 km.

A9. Na koliko ocenjujejo temperaturo v središču Sonca?

(**A**) 6000° C. (**B**) 600000° C. (**C**) 1500000° C. (**D**) 15000000° C.

A10. Kakšne vrste je naša Galaksija?

(**A**) Spiralna s prečko. (**B**) Eliptična.
(**C**) Spiralna brez prečke. (**D**) Nepravilna.

B1. Z vrtljivo zvezdno karto odgovori na vprašanja.

A Kolikšna je v naših krajih največja višina zvezde Kapela nad obzorjem?

B Koliko časa je 1. februarja Sonce nad obzorjem?

C S kolikšnim časovnim zamikom gresta zvezdi Rigel in Betelgeza čez nebesni poldnevnik? Rezultat izrazi v minutah.

D Kolikšna je za opazovalca na severnem polu Zemlje približna zenitna oddaljenost zvezde Arktur?

B2. Zapiši imena zvezd, ki tvorijo asterizem Zimski šesterokotnik.

Od katere do katere ure so na današnji dan (12. 1. 2019) v naših krajih vse zvezde Zimskega šesterokotnika nad obzorjem?

B3. Izmeri kotno velikost polja neba (dolžino stranic fotografije v kotnih stopinjah), ki ga pokriva fotografija.

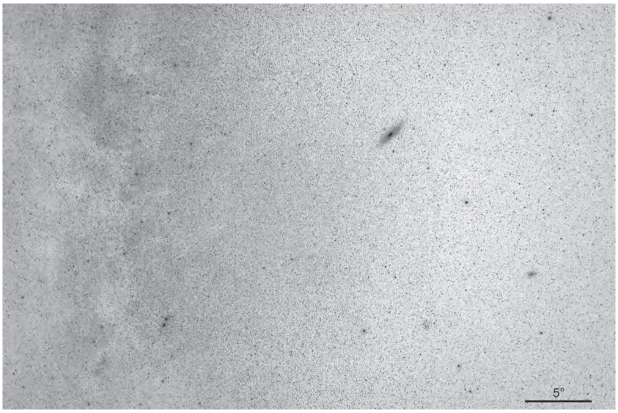
.... stopinj x .... stopinj

Na fotografiji poišči Andromedino galaksijo in jo označi z M31.

Na fotografij izmeri večji premer Andromedine galaksije in ga izrazi v kotnih minutah.

Izmeri kotno razdaljo med središčem Andromedine galaksije in središčem galaksije v Trikotniku v kotnih stopinjah.

Na fotografiji poišči dvojno kopico v Perzeju, jo obkroži in označi s črko P.



B4. Izračunaj, koliko časa traja zahod Sonca (čas od stika spodnjega roba Sončeve ploskvice z obzorjem do trenutka, ko vsa ploskvica izgine za obzorjem) v opazovališču na Marsovem ekvatorju na dan lokalnega enakonočja. Na Marsu je navidezni premer Sončeve ploskvice na nebu 33 % manjši kot na Zemlji. Sončev dan na Marsu traja 24 h 40 min.

B5. Izračunaj hitrost geostacionarnega satelita, ki kroži nad ekvatorjem Zemlje. Satelit se nahaja 35800 km nad površjem Zemlje. Polmer Zemlje je 6400 km. Geostacionarni satelit je tak satelit, ki je ves čas nad isto točko nad površjem Zemlje in ima krožno orbito. Obseg kroga $ob = 2\pi r$, kjer je r polmer kroga, π pa približno 3,14.

Naloge za 9. razred

A1. Kolikokrat se Luna zavrti okoli svoje osi med dvema zaporednima ščipoma?

(**A**) Natanko enkrat. (**B**) Malo manj kot enkrat.
(**C**) Malo več kot enkrat. (**D**) V tem času naredi 1/12 obrata.

A2. Skozi katero od naštetih ozvezdij ne gre ekliptika?

(**A**) Oven. (**B**) Kačenosec. (**C**) Vodnar. (**D**) Vodna kača.

A3. Zamisli si, da jasno nočno nebo opazuješ v popolni temi in v času, ko na nebu ni Lune. Največ koliko zvezd lahko v nekem trenutku razločiš/vidiš na nebu brez teleskopa?

(**A**) Ne več kot 200. (**B**) Približno 4500. (**C**) 6000 do 10000. (**D**) Več kot 10000.

A4. Kaj je navidezna magnituda?

(**A**) Merilo za barvo zvezd na nebu.
(**B**) Merilo za relativno velikost zvezd na nebu.
(**C**) Merilo za to, koliko ozračje oslabi sij zvezd, ki jih vidimo na nebu.
(**D**) Merilo za navidezni sij zvezd na nebu.

A5. Od Sonca najbolj oddaljeno območje Osončja predstavlja Oortov oblak – množica manjših ledenih teles, ki so na zelo veliki oddaljenosti okoli Sonca razporejene v okrogel oblak. Kako vemo za obstoj teles v Oortovem oblaku?

(**A**) Iz Oortovega oblaka izvirajo nekateri kometi, kar astronomi ugotovijo iz njihovih orbit.
(**B**) Astronomi jih neposredno vidijo z velikimi teleskopi.
(**C**) Do teles sta že prispeli sondi Voyager in jih zaznali.
(**D**) Telesa v Oortovem oblaku so odkrili z vesoljskim teleskopom Hubble.

A6. Na kateri višini se tipično »prižgejo« utrinki?

(**A**) 1 km. (**B**) 10 km. (**C**) 100 km. (**D**) 1000 km.

A7. Kako pravimo območju Sončeve atmosfere, ki oddaja največ svetlobe?

(**A**) Kromosfera. (**B**) Fotosfera. (**C**) Ionosfera. (**D**) Korona.

A8. Na koliko ocenjujejo temperaturo v središču Sonca?

(**A**) 6000° C. (**B**) 600000° C. (**C**) 1500000° C. (**D**) 15000000° C.

A9. Katero od naštetih vesoljskih teles ima največjo povprečno gostoto?

(**A**) Nevtronska zvezda. (**B**) Bela pritlikavka.
(**C**) Rdeča orjakinja. (**D**) Rdeča pritlikavka.

A10. Teleskop B ima 3-krat večji premer objektiva kot teleskop A. Kolikokrat več svetlobe zbere teleskop B od teleskopa A?

(**A**) Enako. (**B**) 3-krat več. (**C**) 9-krat več. (**D**) 27-krat več.

B1. Z vrtljivo zvezdno karto odgovori na vprašanja.

A Kolikšna je v naših krajih največja višina zvezde Kapela nad obzorjem?
B Koliko časa je 1. februarja Sonce nad obzorjem?
C S kolikšnim časovnim zamikom gresta zvezdi Rigel in Betelgeza čez nebesni poldnevnik? Rezultat izrazi v minutah.
D Kolikšna je za opazovalca na severnem polu Zemlje približna zenitna oddaljenost zvezde Arktur?

B2. 21. januarja 2019 bo popolni Lunin mrk. Sredina mrka: 6.12 po srednjeevropskem času.

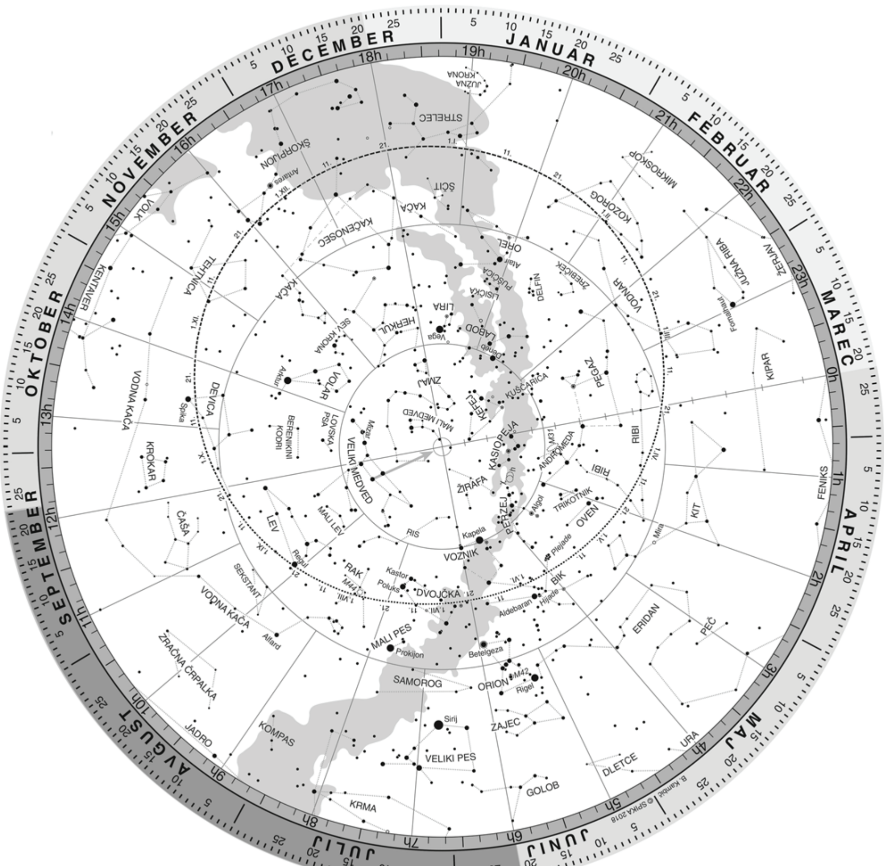
a) Na karto s + vriši lego Lune (središče njene ploskvice), ko je sredina mrka.

b) Zapiši deklinacijo in rektascenzijo središča ploskvice Lune, ko je sredina mrka.

Deklinacija:.................................. Rektascenzija:...

c) Kdaj 21. 1. 2019 Luna zaide?

d) Kdaj 21. 1. 2019 vzide Sonce?



B3. Izračunaj hitrost geostacionarnega satelita, ki kroži nad ekvatorjem Zemlje. Satelit se nahaja 35800 km nad površjem Zemlje. Polmer Zemlje je 6400 km.

B4. Zvezdana v kraju z zemljepisno širino 46 stopinj severno meri deklinacijo Sonca. To dela tako, da v vodoravna tla navpično zapiči palico in meri dolžino sence palice ob lokalnem poldnevu. Nekega dne izmeri, da je opoldanska dolžina sence natanko enaka višini palice. Iz njene meritve izračunaj deklinacijo Sonca na ta dan.

B5. Venera je bila 17. avgusta 2018 v največji vzhodni elongaciji od Sonca. Kdaj bo naslednjič v največji vzhodni elongaciji? Obhodni čas Venere okoli Sonca je 224,7 dneva. Rezultat zapiši v obliki datuma naslednje največje vzhodne elongacije Venere.

Naloge za srednje šole

A1. Skozi katero od naštetih ozvezdij ne gre ekliptika?

(**A**) Oven. (**B**) Vodna kača. (**C**) Vodnar. (**D**) Kačenosec.

A2. Venera je bila 17. avgusta 2018 v največji vzhodni elongaciji od Sonca. Kdaj bo naslednjič v največji vzhodni elongaciji? Obhodni čas Venere okoli Sonca je 224,7 dneva.

(**A**) 6. 1. 2019 (**B**) 27. 8. 2019 (**C**) 3. 8. 2020 (**D**) 24. 3. 2020

A3. Kolikokrat se Luna zavrti okoli svoje osi med dvema zaporednima ščipoma?

(**A**) Natanko enkrat. (**B**) Malo manj kot enkrat.

(**C**) Malo več kot enkrat. (**D**) V tem času naredi 1/12 obrata.

A4. Kateri Messierjev objekt je na sliki?

(**A**) M 1 (**B**) M 2 (**C**) M 3 (**D**) M 4

A5. Kaj je značilno za orbite kratkoperiodičnih kometov?

(**A**) Da je njihov afelij v območju Oortovega oblaka.

(**B**) Da ležijo približno v ravnini ekliptike.

(**C**) Da so parabolične oblike.

(**D**) Da so hiperbolične oblike.

A6. Kako pravimo območju Sončeve atmosfere, ki oddaja največ svetlobe?

(**A**) Kromosfera. (**B**) Fotosfera. (**C**) Ionosfera. (**D**) Korona.

A7. Kaj se bo zgodilo v naslednjem koraku življena Betelgeze?

(**A**) Napihnila se bo v rdečo orjakinjo. (**B**) Skrčila se bo v belo pritlikavko.

(**C**) Eksplodirala bo kot supernova. (**D**) Postala bo podobna Soncu.

A8. Zaradi migetanja ozračja ne nebu ne moremo razločiti manjših podrobnosti od 1 kotne sekunde. Tako teoretično ločljivost ima teleskop s premerom objektiva približno

(**A**) 13 cm; (**B**) 26 cm; (**C**) 40 cm; (**D**) 100 cm.

A9. Kaj sta Mali in Veliki Magellanov oblak?

(**A**) Medzvezdna oblaka prahu in plina. (**B**) Satelitski galaksiji Andromedine galaksije.

(**C**) Veliki eliptični galaksiji. (**D**) Satelitski galaksiji naše Galaksije.

A10. Kako temna snov vpliva na širjenje vesolja?

(**A**) Zaviralno.

(**B**) Pospeševalno.

(**C**) Ne vpliva.

(**D**) V mladem vesolju zaviralno, kasneje pospeševalno.

B1. Zvezdana v kraju z zemljepisno širino 46 stopinj severno meri deklinacijo Sonca. To dela tako, da v vodoravna tla navpično zapiči 1 meter dolgo palico in meri dolžino sence palice ob lokalnem poldnevu. Nekega dne izmeri, da je opoldanska dolžina sence 1,8 metra. Iz njene meritve izračunaj deklinacijo Sonca na ta dan.

B2. Zvezda Sirij ima navidezno magnitudo m_S = -1,46 in letno paralakso π_S = 0,380″. Zvezda β Vodnarja pa ima navidezno magnitudo m_β = +2,87 in letno paralakso π_β = 0,006″. Izračunaj razmerje izsevov teh dveh zvezd.
Pogsonov zakon za razmerje svetlobnih tokov j_2 in j_1 z dveh zvezd: $j_2/j_1 = 10^{0,4(m_1-m_2)}$, kjer sta m_1 in m_2 pripadajoči navidezni magnitudi zvezd.

B3. 21. januarja 2019 bo popolni Lunin mrk. Sredina mrka: 6.12 po srednjeevropskem času.

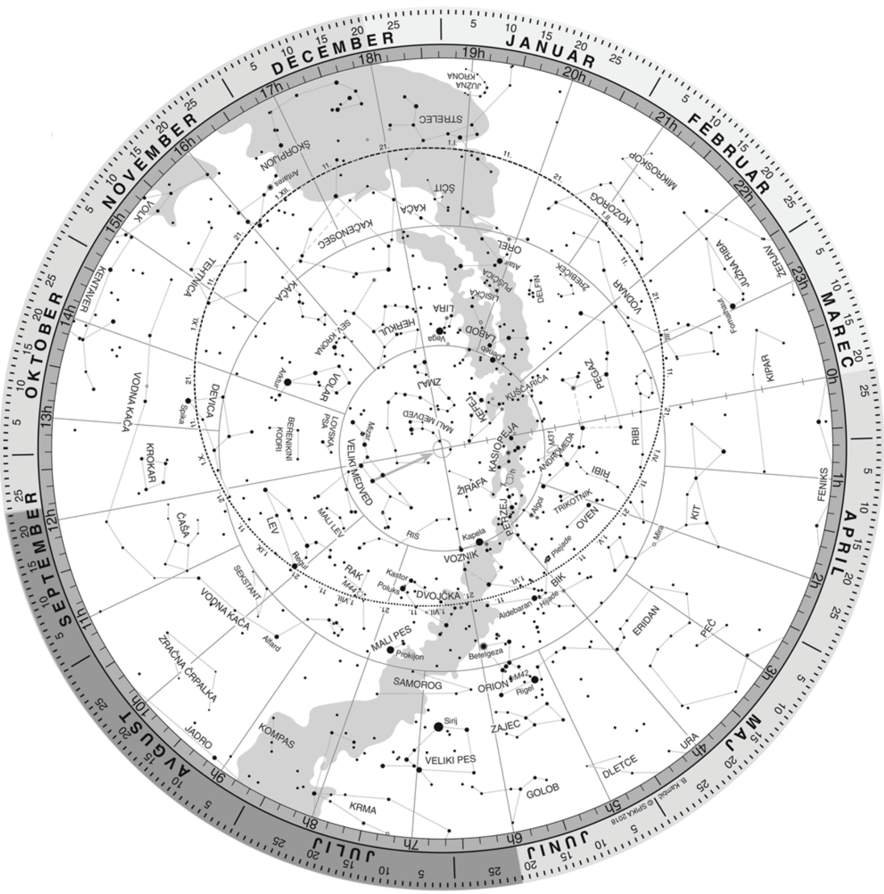
a) Na karto s + vriši lego Lune (središče njene ploskvice), ko je sredina mrka.

b) Zapiši deklinacijo in rektascenzijo središča ploskvice Lune, ko je sredina mrka.
Deklinacija:................................. Rektascenzija:...

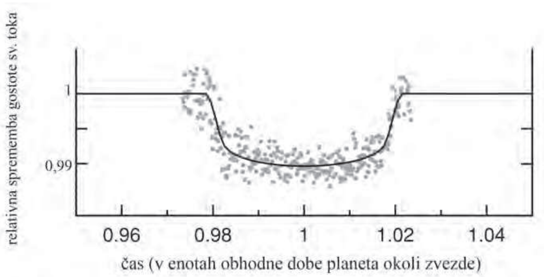
c) Kolikšna bo v naših krajih ob sredini mrka višina središča Lunine ploskvice nad obzorjem?

d) Kdaj 21. 1. 2019 Luna zaide?

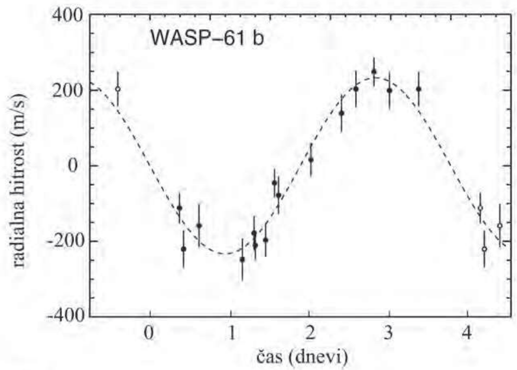
e) Kdaj 21. 1. 2019 vzide Sonce?



B4. Eksoplanet WASP-61 b so astronomi odkrili ob prehodu planeta pred materinsko zvezdo, katere masa je 1,22 mase Sonca, njen polmer pa 1,36 Sončevega. Slika 1 prikazuje svetlobno krivuljo prehoda eksoplaneta pred zvezdo. Kasneje so planet zaznali z metodo merjenja radialne hitrosti. Na sliki 2 so meritve radialne hitrosti zvezde. Iz meritev oceni/izračunaj: obhodni čas planeta, oddaljenost planeta od materinske zvezde, maso planeta, njegov premer in povprečno gostoto. Oceni napako izračunanih vrednosti. Predpostavi, da je prehod planeta pred materinsko zvezdo za opazovalca na Zemlji centralen in da se okoli nje giblje po krožni orbiti. WASP-61 b je edini planet v sistemu.
Gravitacijska konstanta G = $6{,}67 \cdot 10^{-11}$ $m^3kg^{-1}s^{-2}$.



Slika 1



Slika 2

Tekmovanje iz fizike za zlato Stefanovo priznanje – državno tekmovanje

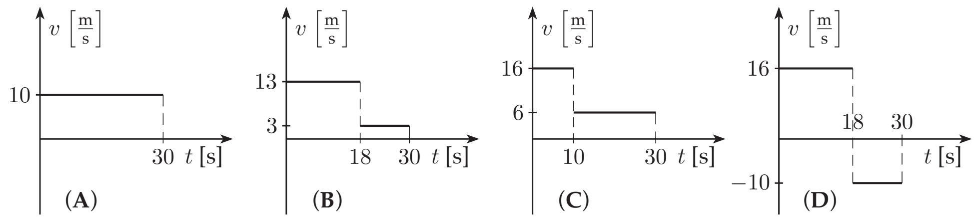
Naloge za 8. razred

A1 Katera izjava o kratkovidnem očesu je pravilna? V kratkovidnem očesu ...

(**A**) na mrežnici lahko nastane ostra slika. (**B**) ostra slika vedno nastane za mrežnico.

(**C**) ostra slika vedno nastane pred mrežnico. (**D**) na mrežnici nikoli ne nastane ostra slika.

A2 Grafi prikazujejo, s kolikšno hitrostjo so se v enakih časovnih intervalih gibali 4 kolesarji. Predznak hitrosti pove usmerjenost gibanja (naprej ali nazaj). Kateri graf prikazuje hitrost kolesarja, ki je v 30 s opravil najdaljšo pot?



A3 Miha na Pokljuki opazuje polno luno. Izmeri uro, ko je Luna najvišje na nebu. Z enakimi opravki se istega dne ukvarja tudi Jurij v Sibiriji (v kraju, ki glede na Slovenijo leži 6 časovnih pasov proti vzhodu). Kdaj približno Jurij izmeri največjo višino Lune?

(**A**) Sočasno z Miho.
(**B**) 6 ur pred Miho.
(**C**) 6 ur za Miho.
(**D**) 12 ur pred ali za Miho.

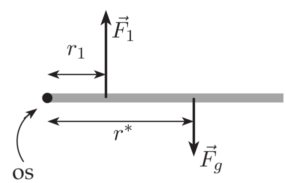
A4 Petnajstletna Tina stoji bosa na prstih obeh nog (peti ima dvignjeni od tal) na gladkih vodoravnih tleh. Oceni, s kolikšnim tlakom p deluje na tla.

(**A**) $p < 1$ mbar.
(**B**) 1 mbar $< p < 10$ mbar.
(**C**) 10 mbar $< p < 100$ mbar.
(**D**) 100 mbar $< p < 1000$ mbar.

A5 Ko zmešamo 72 ml vode in 345 ml etilnega alkohola, dobimo 406 ml zmesi. Kolikšna je njena gostota?

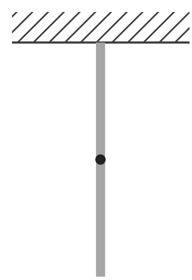
(**A**) $0{,}835\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm}^3}$
(**B**) $0{,}857\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm}^3}$
(**C**) $0{,}900\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm}^3}$
(**D**) $0{,}974\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm}^3}$

B1 Palica je na enem krajišču vrtljivo vpeta v vodoravno os. Palica se v navpični ravnini, pravokotni na os, okoli osi lahko vrti (slika kaže lego palice v ravnini možnega vrtenja, os je na list pravokotna). Ko palica miruje v vodoravni ravnovesni legi, velja $F_1 \cdot r_1 = F_g \cdot r^*$, kjer je $\vec{F}_g$ teža, $\vec{F}_1$ pa sila, ki deluje na palico v smeri navzgor. Sila $\vec{F}_1$ prijemlje na razdalji r_1 od osi, teža pa na razdalji r^* od osi.

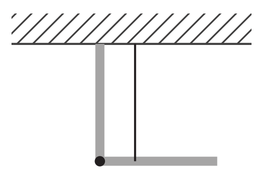


(a) Teža palice je $F_g = 15$ N, sila $F_1 = 20$ N, razdalja $r_1 = 12$ cm. Kolikšna je razdalja r^* in kolikšna je sila F_{os}, ki na mirujočo palico deluje v osi? V kateri smeri deluje na palico? Doriši silo $\vec{F}_{\text{os}}$ na zgornjo skico: upoštevaj njeno prijemališče in smer (ne pa merila).

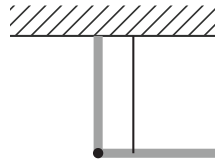
(b) Pod strop pritrdimo dve palici. Zgornja palica ima dolžino 30 cm in maso 2 kg ter je na strop pritrjena togo. Na spodnje krajišče te palice vrtljivo pritrdimo zgornje krajišče spodnje palico z enako dolžino 30 cm in maso $1{,}5$ kg. S kolikšnima silama F_{sp} in F_{st} delujeta na zgornjo palico spodnja palica in strop? Skiciraj vse sile na zgornjo palico tako, da upoštevaš njihova prijemališča in smeri, ne pa merila.



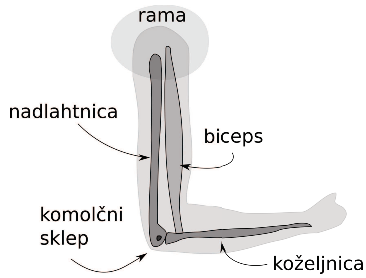
(c) Na spodnjo palico v oddaljenosti 5 cm od krajišča, kjer je pripeta na zgornjo palico, privežemo vrvico. Zgornje krajišče vrvice pritrdimo na strop, vrvica je navpična in zadržuje spodnjo palico v vodoravni legi. S kolikšnima silama F_{v} in F_{zg} delujeta na spodnjo palico vrvica in zgornja palica? Skiciraj vse sile na spodnjo palico tako, da upoštevaš njihova prijemališča in smeri, ne pa merila.



(d) S kolikšnima silama $F'_{\rm sp}$ in $F'_{\rm st}$ delujeta na zgornjo palico spodnja palica in strop? Skiciraj vse sile na zgornjo palico tako, da upoštevaš njihova prijemališča in smeri, ne pa merila.



(e) Roka od komolca do dlani ima maso $1{,}5$ kg in dolžino 30 cm. Predpostavi, da je masa enakomerno porazdeljena po celotni dolžini roke (kot da bi bila roka palica). Mišica upogibalka komolca (biceps) je spodaj pripeta na koželjnico 3 cm od osi (komolčnega sklepa), zgoraj pa na ramo. Predpostavi, da sta nadlahtnica in biceps vzporedna in pravokotna na koželjnico.



(i) Kolikšna je sila $F_{\rm b}$, s katero biceps vleče koželjnico, ko je ta vodoravna in je nadlahtnica navpična?

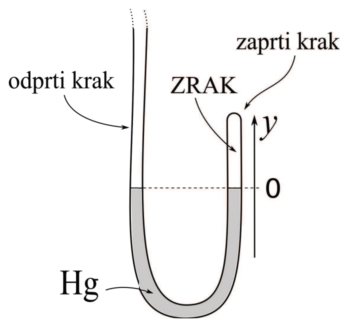
(ii) S kolikšno silo $F_{\rm nad}$ in v kateri smeri deluje v sklepu nadlahtnica na koželjnico?

(iii) Masa bicepsa je 1 kg. S kolikšno silo $F_{\rm b\to r}$ in v kateri smeri deluje biceps na ramo?

(f) V dlan položimo utež, ki ima maso 3 kg. Roko držimo kot prej, v komolcu pod pravim kotom. Kolikšna je zdaj sila bicepsa $F'_{\rm b\to r}$ na ramo?

B2 *Pri reševanju naloge si pomagaj s skicami!*

V zaprtem kraku U-cevke živosrebrovega manometra je stolpec zraka, odprti krak pa povežemo s posodo, v kateri želimo izmeriti tlak. Ko je v odprtem kraku cevke manometra tlak 1 bar, je v zaprtem kraku stolpec zraka visok $h_0 = 24$ cm, gladini živega srebra v obeh krakih pa sta poravnani pri $y = 0$, kot prikazuje slika. Presek cevke S je povsod enak.



(a) Kolikšen je tlak zraka p_0 v zaprtem kraku manometra, ko sta gladini živega srebra v obeh krakih poravnani pri $y = 0$ (kot na sliki)?

(b) Upoštevaj, da za zrak v zaprtem kraku manometra velja, da je produkt $p \cdot V$ konstanten, $p \cdot V = p_0 \cdot V_0$, kjer je p tlak in $V = S \cdot h$ prostornina zaprtega stolpca zraka. Kolikšen je tlak zraka p_1 v zaprtem kraku manometra, ko se gladina živega srebra v njem dvigne na $y_1 = 4$ cm?

(c) Kolikšen je v tem primeru tlak p'_1 v posodi, s katero je povezan drugi krak manometra?

(d) Kolikšen je tlak zraka p_2 v zaprtem kraku manometra, ko se gladina živega srebra v njem spusti na $y_2 = -4$ cm?

(e) Kolikšen je v tem primeru tlak p_2' v posodi, s katero je povezan drugi krak manometra?

(f) Kolikšna sta najmanjša možna tlaka zraka v obeh krakih manometra? Nadaljuj obe izjavi, da bosta pravilni.

V zaprtem kraku je najmanjši možen tlak zraka p_z ...

(**A**) manjši od 0 bar. (**B**) enak 0 bar. (**C**) večji od 0 bar.

V odprtem kraku je najmanjši možen tlak zraka p_o ...

(**A**) manjši od 0 bar. (**B**) enak 0 bar. (**C**) večji od 0 bar.

C – eksperimentalna naloga: VSILJENO NIHANJE

(a) Trikrat izmeri čas t_{10}, v katerem nihalo s kroglico opravi 10 nihajev. Izračunaj povprečje treh meritev $\bar{t}_{10}$ in iz povprečja *lastni* nihajni čas t_0 ter *lastno* frekvenco nihala ν_0, ki jo izračunaš po enačbi

$$\nu_0 = \frac{1}{t_0}\,.$$

Meritve in rezultate računov vpiši v razpredelnico.

meritve			izračuni		
t_{10} [s]	t_{10} [s]	t_{10} [s]	$\bar{t}_{10}$ [s]	t_0 [s]	ν_0 $\left[\frac{1}{\mathrm{s}}\right]$

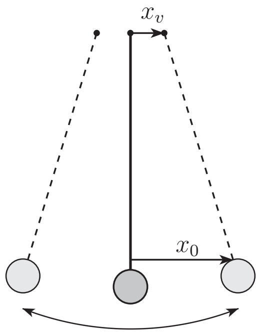
Nihalo z utežjo med to meritvijo visi (miruje) na vrvici.

(b) V približno koliko nihajih se amplituda nihanja nihala s kroglico zmanjša na polovico?

(c) Pri vsaj 8 različnih dolžinah nihala z utežjo izmeri, kako niha nihalo s kroglico. Pri izbrani dolžini nihala izmeriš 3 parametre – t_{10} (za nihalo z utežjo), x_v in x_0 (za nihalo s kroglico, razloženo v nadaljevanju) –, potem šele spremeniš dolžino vrvice. Vsaj 3 frekvence nihanja morajo biti manjše in vsaj 3 morajo biti večje od lastne frekvence nihala z lahko kroglico ν_0.

Na začetku vsake meritve nihalo s kroglico miruje, nihalo z utežjo pa odkloniš v smeri pravokotno na nosilno palico za približno 30° (kot, označen na listu z merilom) in spustiš, da zaniha. Pri izbrani dolžini nihala z utežjo **najprej** izmeri čas t_{10}, v katerem nihalo z utežjo opravi 10 nihajev. Vpiši ga v prvi stolpec razpredelnice.

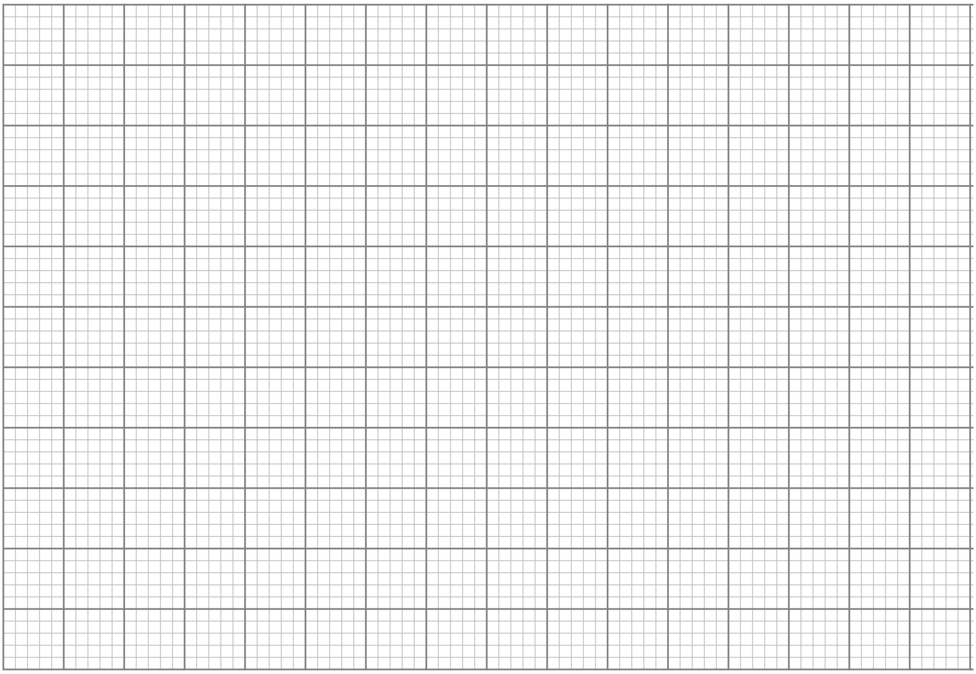
V nadaljevanju, ko obe nihali nihata že vsaj 30 sekund, izmeri *amplitudo vsiljevanja* x_v in takoj zatem še amplitudo x_0, s katero niha nihalo s kroglico (glej sliko). Amplituda vsiljevanja je amplituda, s katero niha zgornje krajišče nihala s kroglico: točka, v kateri je nihalo s kroglico privezano na vrvico, ki nosi obe nihali. Amplitude meriš z merilom na poli. Izmerjeni amplitudi x_v in x_0 zapiši v 2. in 3. stolpec razpredelnice.



(c)			(d)	
t_{10} [s]	x_v [cm]	x_0 [cm]	$\nu \left[\frac{1}{\mathrm{s}}\right]$	$\frac{x_0}{x_v}$

(d) Za vsako meritev izračunaj frekvenco nihanja ν ter razmerje med amplitudo nihanja x_0 in amplitudo vsiljevanja x_v ter izračunane vrednosti (na dve decimalni mesti) vpiši v zadnja dva stolpca razpredelnice.

(e) V koordinatni sistem nariši graf, ki prikazuje, kako je razmerje med amplitudama $\frac{x_0}{x_v}$ odvisno od frekvence (vsiljenega) nihanja ν (*resonančno krivuljo*). Na grafu označi tudi lastno frekvenco nihala s kroglico ν_0.



(f) Kateremu številu se približuje razmerje $\frac{x_0}{x_v}$, ko je frekvenca (vsiljenega) nihanja ν **mnogo manjša** od lastne frekvence nihala ν_0 (velja $\frac{\nu}{\nu_0} \ll 1$)?

$$\frac{x_0}{x_v} \longrightarrow \underline{\hspace{3cm}}, \quad \text{ko} \quad \frac{\nu}{\nu_0} \ll 1\,.$$

(g) Kateremu številu se približuje razmerje $\frac{x_0}{x_v}$, ko je frekvenca (vsiljenega) nihanja ν **mnogo večja** od lastne frekvence nihala ν_0 (velja $\frac{\nu}{\nu_0} \gg 1$)?

$$\frac{x_0}{x_v} \longrightarrow \underline{\hspace{3cm}}, \quad \text{ko} \quad \frac{\nu}{\nu_0} \gg 10\,.$$

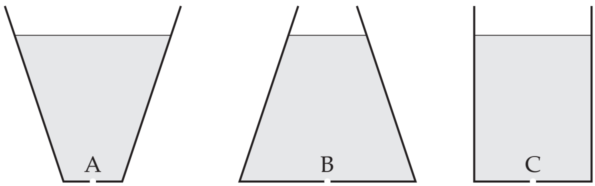
(h) S črtkano črto v koordinatni sistem pri (e) doriši graf na območjih frekvenc $\nu \ll \nu_0$ in $\nu \gg \nu_0$.

(i) Zakaj moraš, kot piše v navodilih, na začetku z meritvijo amplitude nihanja nihala s kroglico počakati?

(j) Zapiši tri opažanja o nihanju posameznega nihala ali o povezavi med nihanjem obeh nihal, ki niso povezana z obliko resonančne krivulje.

Naloge za 9. razred

A1 Tri (osno simetrične) posode, ki jih prikazuje slika, vsebujejo enako prostornino vode, ki v njih sega do iste višine nad dnom. Posode imajo v dnu enako veliko luknjico. Luknjice hkrati odmašimo. Katera posoda se prva izprazni?



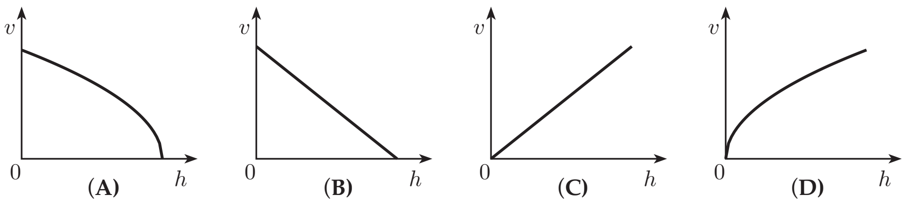
(**A**) A

(**B**) B

(**C**) C

(**D**) Vse se izpraznijo hkrati.

A2 Vrana spusti iz kljuna oreh, da prosto pade na asfaltirano cesto. Kateri graf pravilno prikazuje, kako se z višino, na kateri je oreh, spreminja njegova hitrost?



(**A**) (**B**) (**C**) (**D**)

A3 Težni pospešek telesa z maso m na planetu z maso M določa gravitacijska sila med telesoma

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \, ,$$

kjer je $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11} \, \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2}$ gravitacijska konstanta, i r pa razdalja med njunima težiščema. Nasina sonda *InSight* je 26. novembra 2018 pristala na Marsu. Kolikšen gravitacijski pospešek (približno) deluje nanjo na Marsu? Polmer Marsa je 3390 km, masa pa $6{,}42 \cdot 10^{23}$ kg.

(**A**) $1 \, \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ (**B**) $4 \, \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ (**C**) $5 \, \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ (**D**) $10 \, \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

A4 V letu 2015 so v Sloveniji načrpali 165 milijonov kubičnih metrov pitne vode. S toliko vode bi ...

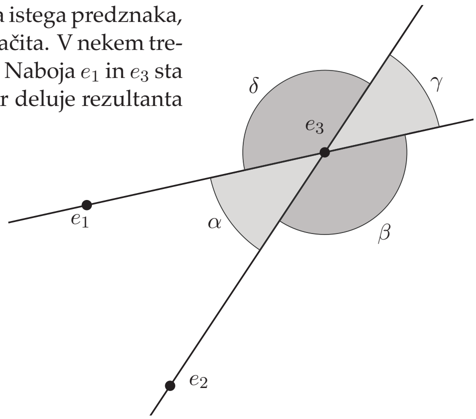
(**A**) do vrha napolnili šolsko učilnico.

(**B**) do vrha napolnili šolo.

(**C**) napolnili Blejsko jezero (ki ima obseg 6 km in povprečno globino 18 m).

(**D**) preplavili mesto Ljubljana z 1,5 m globoko plastjo vode (mesto sega še malo izven *Poti ob žici*, ki obkroža mesto in je dolga 35 km).

A5 Med električnimi naboji delujejo sile. Če sta naboja istega predznaka, se odbijata, če sta nasprotnega predznaka, se privlačita. V nekem trenutku so v ravnini trije naboji, kot prikazuje slika. Naboja e_1 in e_3 sta pozitivna, naboj e_2 pa je negativen. V katero smer deluje rezultanta sil na naboj e_3? V smer znotraj kota ...



(**A**) α. (**B**) β.

(**C**) γ. (**D**) δ.

B1 *Pri reševanju naloge si pomagaj s skicami in z načrtovanjem. Predpostavi, da je Zemlja krogla (zanemari njeno sploščenost).*

Mohudi je doma v Kampali v Ugandi, ki leži skoraj na ekvatorju. Mohudi je ultramaratonec.

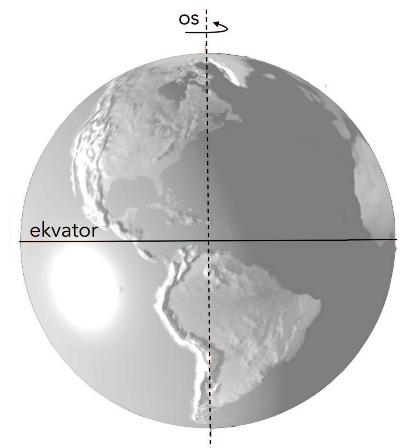
(a) Maraton je dolg 26 (mednarodnih) milj in 385 jardov. Milja meri $1609{,}344$ m ali 1760 jardov. Izračunaj, koliko kilometrov je dolg maraton. Rezultat zapiši na tri decimalna mesta natančno.

(b) Koliko geografskih stopinj meri en časovni pas (časovna razlika med sosednjima časovnima pasovoma je 1 ura)? Kolikšna časovna razlika ustreza 1° razlike v geografski dolžini?

(c) Obseg Zemlje po ekvatorju je $40\,075$ km. Koliko maratonskim razdaljam ustreza 1° razlike v geografski dolžini na ekvatorju?

(d) Mohudi lahko teče s hitrostjo $16\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$ več ur. Koliko časa naj teče točno proti zahodu (po ekvatorju), da bo pretekel 1° geografske dolžine?

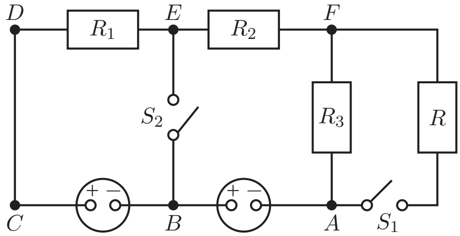
(e) Koliko časa bi Mohudi potreboval, da bi pretekel s svojo stalno hitrostjo razdaljo, ki ustreza 1° razlike v geografski dolžini v Ljubljani, če bi tekel naravnost proti vzhodu?



(f) Na kateri geografski širini je razdalja vzdolž vzporednika med krajema, ki imata isto geografsko širino, njuni geografski dolžini pa se razlikujeta za 1°, enaka dolžini maratona?

(g) Koliko časa bi Mohudi potreboval, da bi pretekel s svojo stalno hitrostjo razdaljo med Kampalo in Mbararo, ki leži 1° južno in 2° zahodno od Kampale, če bi tekel enakomerno in naravnost od Kampale proti Mbarari? Ukrivljenost Zemlje zanemari.

B2 Maja meri napetost na različnih delih električnega kroga, ki ga prikazuje slika. Uporabi dve bateriji z gonilno napetostjo $4{,}5$ V, štiri enake upornike, $R_1 = R_2 = R_3 = R$, ter dve stikali S_1 in S_2.



Upoštevaj, da je napetost U na posameznem uporniku premo sorazmerna toku I, ki teče skozi upornik, $U = R \cdot I$. Sorazmernostni koeficient R je upor upornika, ki ga merimo v *ohmih* Ω, $\left[\Omega = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}\right]$. Upor posameznega upornika je $30\,\Omega$.

(a) Na začetku sta obe stikali razklenjeni (kot prikazuje shema). Maja priključi voltmeter med različne točke v krogu. Kombinacije, ki jih izbere, so navedene v prvem stolpcu razpredelnice. V stolpec (a) razpredelnice vpiši napetosti, ki jih izmeri.

(b) Kolikšen tok teče po krogu?

(c) V nadaljevanju poskusa Maja sklene stikalo S_1 in ponovi meritve. V stolpec (c) razpredelnice vpiši napetosti, ki jih izmeri.

(d) Kolikšen tok teče skozi bateriji, ko je stikalo S_1 sklenjeno, stikalo S_2 pa razklenjeno?

(e) Maja sklene še stikalo S_2 ter ponovi meritve. V stolpec (e) razpredelnice vpiši napetosti, ki jih izmeri.

(f) Kolikšen tok teče skozi stikalo S_2, ko sta obe stikali sklenjeni? V kateri smeri teče?

točki	(a) U [V]	(c) U [V]	(e) U [V]
$A-B$			
$A-C$			
$C-D$			
$A-D$			
$D-E$			
$C-F$			
$B-E$			
$F-A$			

C – eksperimentalna naloga: TALJENJE LEDU S SOLJO

(a) *Preden začneš meriti, preberi navodilo do prve razpredelnice.*

Pri poskusu 20 minut meriš temperaturo talečega se ledu. Meritve ob časih, navedenih v razpredelnici, vpiši v razpredelnico. Štoparico sprožiš, ko v led streseš pripravljeno sol. To je trenutek $t = 0$. Ko preteče 20 minut, končaš s prvim delom meritev. Termometer pusti v zmesi, štoparica naj še teče (ni še konec eksperimentalnega dela).

V lonček stresi 20 g zdrobljenega ledu. Led dobiš pri pomočnikih. Izmeri temperaturo ledu.

Temperatura ledu: ______________

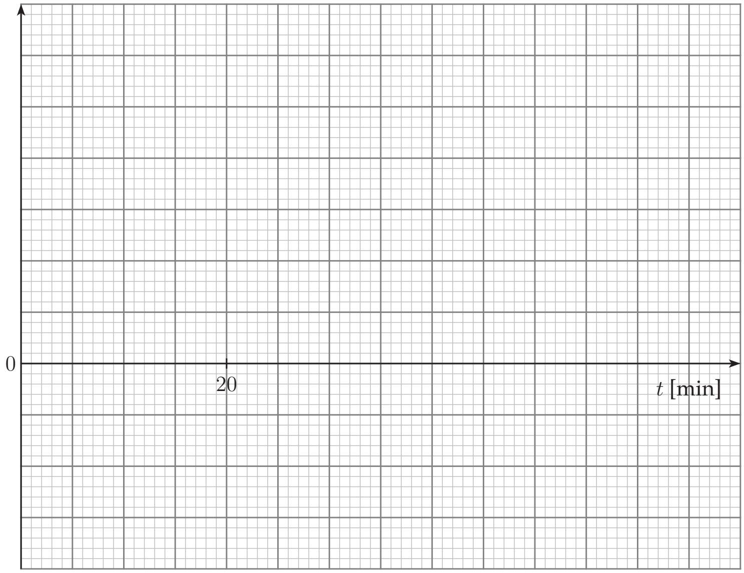
Pripravi štoparico. V lonček stresi še pripravljenih 6 g soli in v istem trenutku sproži štoparico ter prični meriti čas in temperaturo. **Zmes stalno mešaj s termometrom.** Če se na zunanji strani lončka nabere voda (ali led), lonček s papirnato brisačo obriši. V razpredelnici podčrtaj čas, ob katerem se led v lončku v celoti stali. Če se v 20 minutah led ne stali v celoti, nadaljuj z meritvijo, dokler se ne stali ves led, nato pa še 2 minuti.

t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]
0		3,0		9,0		15,0			
0,5		4,0		10,0		16,0			
1,0		5,0		11,0		17,0			
1,5		6,0		12,0		18,0			
2,0		7,0		13,0		19,0			
2,5		8,0		14,0		20,0			

(b) Termometer pusti v lončku. Občasno preveri temperaturo zmesi T v lončku. Ko bo temperatura zmesi približno $T = 10\,°\mathrm{C} \pm 2\,°\mathrm{C}$, med mešanjem zmesi meri čas Δt, v katerem se zmes segreje za $\Delta T = 1\,°\mathrm{C}$. Podatke (koliko časa je minilo od začetka poskusa t, T, Δt in temperaturo zraka v učilnici T_o) zapiši v razpredelnico.

t [min]	T [°C]	Δt [s]	T_o [°C]

(c) V koordinatni sistem nariši graf, ki prikazuje, kako se je s časom spreminjala temperatura zmesi v lončku od trenutka, ko si v lonček stresla sol. Označi trenutek, ko se je stalil ves led.



(d) Ko se stali ves led, ima zmes v lončku temperaturo, ki je nižja od temperature okolice. Skozi stene lončka (in gladino) prejema zmes iz okolice toploto in se še naprej segreva. V svojih meritvah izberi časovno območje 1 minute, ki ustreza opisanemu dogajanju. To območje v razpredelnici pri (a) označi (obkroži ga in dopiši oznako (d)). Izračunaj, koliko toplote je zmes v lončku v tej minuti prejela iz okolice. Specifična toplota tvoje raztopine slane vode je $3300\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$.

(e) Toplotni tok $P = \frac{Q}{\Delta t}$, ki teče v zmes, je premo sorazmeren razliki med temperaturo zmesi T in temperaturo okolice T_o. Zapišemo lahko

$$P = K \cdot (T_\mathrm{o} - T)\,.$$

Koeficient K je odvisen od toplotnih in geometrijskih lastnosti lončka. Izračunaj $K_{(\mathrm{d})}$ iz svojih meritev pri (d) in $K_{(\mathrm{b})}$ iz meritev pri (b). Zaokroži ju na 3 decimalna mesta.

(f) V svojih meritvah izberi tako časovno območje 1 minute, ko je bila v lončku ledena zmes in se je njena temperatura čim manj spremenila, tako da lahko spremembo temperature zanemariš. Območje označi v razpredelnici pri (a) (obkroži ga in dopiši oznako (f)). Izračunaj, koliko ledu se je v tej minuti stalilo.

(g) Graf, ki si ga narisala, nadaljuj v skladu s svojo domnevo, kako se bo temperatura zmesi spreminjala še naprej.

(h) V isti koordinatni sistem s **črtkano** črto nariši graf, ki prikazuje, kako bi se spreminjala temperatura zmesi, če bi bil koeficient K pol manjši.

Predlagaj dva ukrepa, s katerimi bi lahko zmanjšala K.

Rešitve 10. tekmovanja v znanju astronomije – državno tekmovanje

Rešitve za 7. razred

A1. (C) Luna se v eni lunaciji zavrti okoli svoje osi malo več kot enkrat, saj vrtilna doba Lune enaka enemu navideznemu obhodu Lune okoli Zemlje, kar je zaradi gibanja Zemlje okoli Sonca približno 2 dni manj od lunacije (čas med zaporednima enakima menama).

A2. (A) Sirij.

A3. (D) Vodna kača.

A4. (D) Navidezna magnituda je merilo ua navidezni sij zvezd na nebu.

A5. (A) Iz Oortovega oblaka izvirajo nekateri kometi, kar astronomi ugotovijo iz njihovih orbit.

A6. (C) Na sliki je planetarna meglica.

A7. (B) Saturn.

A8. (C) Svetloba od Sonca do nas potuje približno 500 sekund.

A9. (D) Ocenjena temperatura v središču Sonca je 15 milijonov stopinj Celzija.

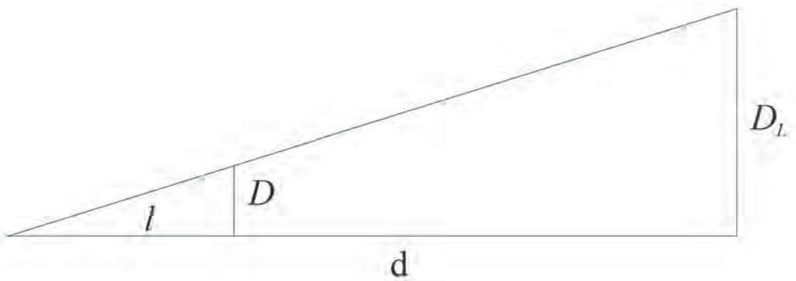
A10. (A) Naša Galaksija je galaksija s prečko.

B1.
A Največja višina Kapele v naših krajih je **90**°. Kot pravilni veljajo odgovori v intervalu med **88**° in **90**°. Velja tudi odgovor - v zenitu.

B Sonce 1. februarja vzide pa ob **7.25** in zaide ob **16.55**. Čas, ko je na ta dan Sonce pod obzorjem t = 16 h 55 min - 7 h 25 min = 9 h 30 min.
Sonce je 1. februarja 9 h 30 min nad obzorjem. Kot pravilni veljajo odgovori v intervalu med **9 h 10 min** in **9 h 50 min**.
C
Na vrtljivi zvezdni karti nebesni poldnevnik poravnamo z zvezdo Betelgezo in za določen dan odčitamo čas prehoda, npr. za 1. julij: t_B = 11.20.
Nato nebesni poldnevnik poravnamo z zvezdo Rigel in za isti datum odčitamo čas prehoda: t_R = 10.40.
Časovni zamik Δt prehoda Betelgeze in Rigla čez nebesni poldnevnik je razlika teh časov:
$\Delta t = t_B - t_R$ = 40 minut.
D
Na severnem polu je zenitna oddaljeost zvezde vedno enaka: $z = 90° - \delta$, kjer je δ deklinacija zvezde. Na vrtljivi karti odčitamo deklinacijo zvezde Arktur: $\delta = 20° \pm 1°$.
Sledi: $z = 90° - 20° = 70°$.

B2.
Premer kamenčka D = 5 mm.
Razdalja med očesom in kamenčkom l = 60 cm = 600 mm.
Oddaljenost Lune d = 400000 km.
Iščemo premer Lune D_L = ?.

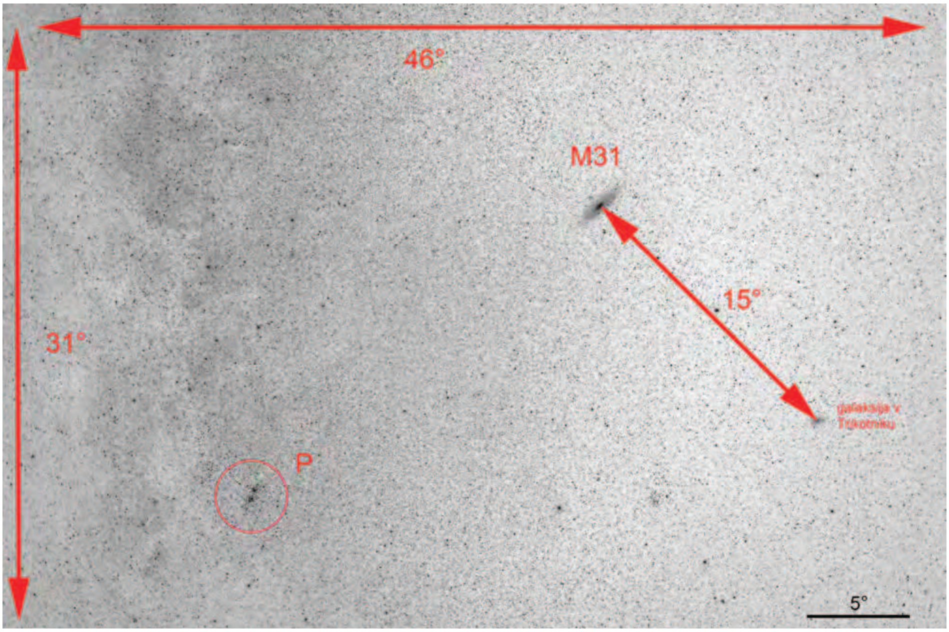
Narišimo trikotnika, ki ju tvorijo roka, kamenček in Luna.



Vidimo, da sta to podobna trikotnika, za katera velja:
$D/l = D_L/\mathrm{d}$.
Za premer Lune tako dobimo:
$D_L = d\ D/l$ = 400000 km (5 mm)/600 mm = 3333 km.

B3.

Na sliki so podane približne vrednosti kotnih velikosti in razdalj ter označbe objektov.



Izmeri kotno velikost polja neba (dolžino stranic fotografije v kotnih stopinjah), ki ga pokriva fotografija.

46 stopinj x 31 stopinj

Na fotografiji poišči Andromedino galaksijo in jo označi z M31.

Na fotografij izmeri večji premer Andromedine galaksije in ga izrazi v kotnih minutah.

Premer Andromedine galaksije: 2,2° = 132′.
Izmeri kotno razdaljo med središčem Andromedine galaksije in središčem galaksije v Trikotniku v kotnih stopinjah.

Kotna razdalja med središčema galaksij: 15°.

Na fotografiji poišči dvojno kopico v Perzeju, jo obkroži in označi s črko P.

B4.

Obhodni čas Sonca okoli središča Galaksije t_0 = 220 milijonov let.
Starost Sonca v letih t = 4,6 milijarde let = 4600 milijonov let.
Oddaljenost Sonca od središča Galaksije r = 26500 svetlobnih let.

Starost Sonca v galaktičnih letih: t_G = 4600/220 galaktičnih let = 20,9 galaktičnih let.

Pot s, ki ga je Sonce naredilo od nastanka, je število obhodov okoli središča Galaksije krat dolžina enega obhoda, ki je enaka obsegu kroga s polmerom r:
$s = 20{,}9 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$ = 20,9·2·3,14·26500 svetlobnih let = 3 479 700 svetlobnih let.

B5.

Dolžina dneva na Marsu t_0 = 24 h 40 min = 1480 min.
Kotni premer Sončeve ploskvice na Marsovem nebu $\varphi = 0{,}34°$.

Ker je Sonce na nebesnem ekvatorju Marsa, Sonce prepotuje 360° po nebu v 24 h 40 minutah. Zahod Sonca t traja toliko časa, kolikor se Sonce na nebu premakne za premer svoje ploskvice 0,34°. Nalogo lahko rešimo s sklepnim računom:

360° ... 1480 min
0,34°...... t min

t = (1480 min) · 0,34°/360° = 1,40 min = 1 min 24 s.

Rešitve za 8. razred

A1. (C) Luna se v eni lunaciji zavrti okoli svoje osi malo več kot enkrat, saj vrtilna doba Lune enaka enemu navideznemu obhodu Lune okoli Zemlje, kar je zaradi gibanja Zemlje okoli Sonca približno 2 dni manj od lunacije (čas med zaporednima enakima menama).

A2. (D) Vodna kača.

A3. (B) 4500 zvezd. Človeško oko lahko zazna zvezde do približno 6,5 magnitude. Na vsem nebu je približno 9000 zvezd z magnitudo 6,5 ali svetlejših, kar pomeni, da je naenkrat nad opazovališčem 4500 takih zvezd.

A4. (D) Navidezna magnituda je merilo ua navidezni sij zvezd na nebu.

A5. (A) Iz Oortovega oblaka izvirajo nekateri kometi, kar astronomi ugotovijo iz njihovih orbit.

A6. (C) Na sliki je planetarna meglica.

A7. (B) Venera.

A8. (C) Utrinki se "prižgejo"na višini približno 100 km.

A9. (D) Ocenjena temperatura v središču Sonca je 15 milijonov stopinj Celzija.

A10. (A) Naša Galaksija je galaksija s prečko.

B1.

A Največja višina Kapele v naših krajih je **90**°. Kot pravilni veljajo odgovori v intervalu med **88**° in **90**°. Velja tudi odgovor - v zenitu.

B Sonce 1. februarja vzide pa ob **7.25** in zaide ob **16.55**. Čas, ko je na ta dan Sonce pod obzorjem t = 16 h 55 min - 7 h 25 min = 9 h 30 min.

C

Na vrtljivi zvezdni karti nebesni poldnevnik poravnamo z zvezdo Betelgezo in za določen dan odčitamo čas prehoda, npr. za 1. julij: t_B = 11.20.
Nato nebesni poldnevnik poravnamo z zvezdo Rigel in za isti datum odčitamo čas prehoda: t_R = 10.40.
Časovni zamik Δt prehoda Betelgeze in Rigla čez nebesni poldnevnik je razlika teh časov:
$\Delta t = t_B$ - t_R = 40 minut.

D

Na severnem polu je zenitna oddaljeost zvezde vedno enaka: z = 90° - δ, kjer je δ deklinacija zvezde. Na vrtljivi karti odčitamo deklinacijo zvezde Arktur: δ = 20° $\pm$ 1°.
Sledi: z = 90° - 20° = 70°.

B2.

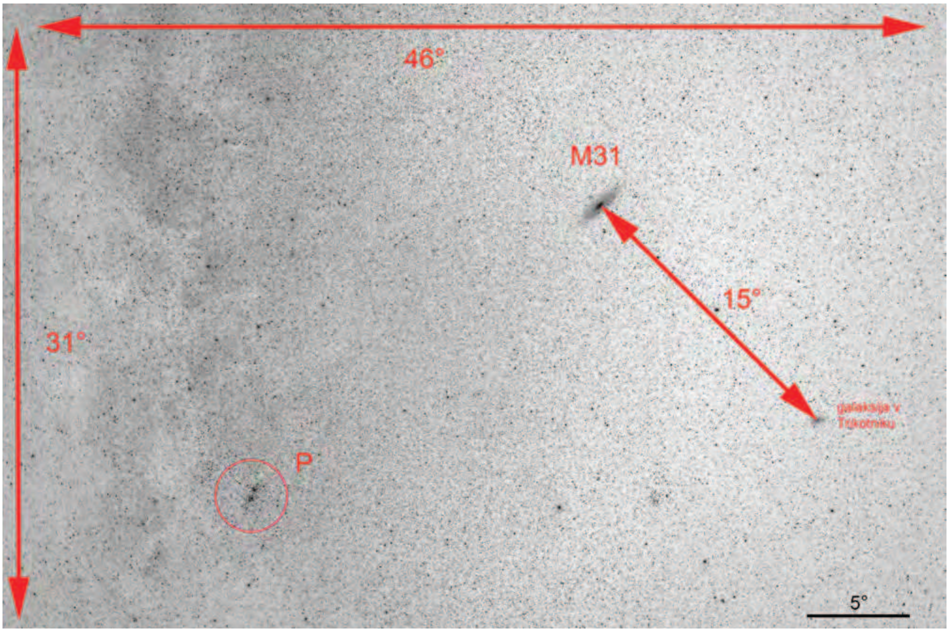
Zvezde, ki tvorijo asterizem Zimski šesterokotnik:

Kapela, Poluks, Prokijon, Sirij, Rigel, Aldebaran.

Prva zvezda Zimskega šesterokotnika, ki zaide, je Rigel. Na vrtljivi zvezdni karti odčitamo čas zaida Rigla 12. 1.: **3.20**.
Zadnja zvezda Zimskega šesterokotnika, ki vzide, je tudi Sirij. Na vrtljivi zvezdni karti odčitamo čas vzida Sirija 12. 1.: **18.30**.

B3.

Na sliki so podane približne vrednosti kotnih velikosti in razdalj ter označbe objektov.



Izmeri kotno velikost polja neba (dolžino stranic fotografije v kotnih stopinjah), ki ga pokriva fotografija.

46 stopinj x 31 stopinj

Na fotografiji poišči Andromedino galaksijo in jo označi z M31.

Na fotografij izmeri večji premer Andromedine galaksije in ga izrazi v kotnih minutah.

Premer Andromedine galaksije: 2,2° = 132'.

Izmeri kotno razdaljo med središčem Andromedine galaksije in središčem galaksije v Trikotniku v kotnih stopinjah.

Kotna razdalja med središčema galaksij: 15°.

Na fotografiji poišči dvojno kopico v Perzeju, jo obkroži in označi s črko P.

B4.

Dolžina dneva na Marsu t_0 = 24 h 40 min = 1480 min.
Kotni premer Sončeve ploskvice na Marsovem nebu φ = (1 - 033)·0,5° = 0,335° ≈0,34°.
Tekmovalec mora kotni premer Sončeve ploskvice na našem nebu, ki znaša približno 0,5°, poznati.

Ker je Sonce na nebesnem ekvatorju Marsa, Sonce prepotuje 360° po nebu v 24 h 40 minutah. Zahod Sonca t traja toliko časa, kolikor se Sonce na nebu premakne za premer svoje ploskvice 0,335°. Nalogo lahko rešimo s sklepnim računom:

360° ... 1480 min
0,335°...... t min

t = (1480 min) · 0,335°/360° = 1,38 min = 1 min 23 s.

B5.

Višina satelita h = 35800 km.
Polmer Zemlje$R$ = 6400 km.
Obhodni čas t_0 geostacionarnega satelita okoli Zemlje je enak vrrtilni dobi Zemlje okoli svoje osi, torej 4 minute manj kot 24 ur. ZA našo natančnost lahko privzamemo:
t_0 = 24 h.

Ker se satelit giblje po krožnici, je njegova pot pri enem obhodu okoli Zemlje enaka obsegu kroga:
$s = 2\pi r$.
Ker pa se Satelit giblje okoli središča Zemlje, je polmer r njegove orbite:
$r = h + R$.
Po definiciji hitrosti:
$v = s/t = 2\pi(h + R)/t_0$ = 2π(35800 km + 6400 km)/24 h = 11050 km/h = 3070 m/s.

Rešitve za 9. razred

A1. (C) Luna se v eni lunaciji zavrti okoli svoje osi malo več kot enkrat, saj vrtilna doba Lune enaka enemu navideznemu obhodu Lune okoli Zemlje, kar je zaradi gibanja Zemlje okoli Sonca približno 2 dni manj od lunacije (čas med zaporednima enakima menama).

A2. (D) Vodna kača.

A3. (B) 4500 zvezd. Človeško oko lahko zazna zvezde do približno 6,5 magnitude. Na vsem nebu je približno 9000 zvezd z magnitudo 6,5 ali svetlejših, kar pomeni, da je naenkrat nad opazovališčem 4500 takih zvezd.

A4. (D) Navidezna magnituda je merilo ua navidezni sij zvezd na nebu.

A5. (A) Iz Oortovega oblaka izvirajo nekateri kometi, kar astronomi ugotovijo iz njihovih orbit.

A6. (C) Utrinki se "prižgejo"na višini približno 100 km.

A7. (B) Fotosfera je tanka plast Sončeve atmosfere, iz katere prihaja največ vidne svetlobe. Vidimo jo kot svetlo ploskvico Sonca.

A8. (D) Ocenjena temperatura v središču Sonca je 15 milijonov stopinj Celzija.

A9. (A) Nevtronske zvezde imajo največjo povprečno gostoto.

A10. (C) Količina svetlobnega toka, ki ga zbere objektiv teleskopa, je sorezmeren z njegovo ploščino, torej s kvadratom polmera.

B1.

A Največja višina Kapele v naših krajih je **90**°. Kot pravilni veljajo odgovori v intervalu med **88**° in **90**°. Velja tudi odgovor - v zenitu.

B Sonce 1. februarja vzide pa ob **7.25** in zaide ob **16.55**. Čas, ko je na ta dan Sonce pod obzorjem t = 16 h 55 min - 7 h 25 min = 9 h 30 min.

C

Na vrtljivi zvezdni karti nebesni poldnevnik poravnamo z zvezdo Betelgezo in za določen dan odčitamo čas prehoda, npr. za 1. julij: t_B = 11.20.

Nato nebesni poldnevnik poravnamo z zvezdo Rigel in za isti datum odčitamo čas prehoda: t_R = 10.40.

Časovni zamik Δt prehoda Betelgeze in Rigla čez nebesni poldnevnik je razlika teh časov:

$\Delta t = t_B - t_R$ = 40 minut.

D

Na severnem polu je zenitna oddaljeost zvezde vedno enaka: $z = 90° - \delta$, kjer je δ deklinacija zvezde. Na vrtljivi karti odčitamo deklinacijo zvezde Arktur: $\delta = 20° \pm 1°$.

Sledi: $z = 90° - 20° = 70°$.

B2.

a) Položaj Lune v času sredine mrka je vrisan na sliki. Sonce pa je na ekliptiki na oznaki 21. I. Ob Luninem mrku mora biti tudi Luna na ekliptiki, saj je Zemljina senca vedno na ekliptiki - nasproti Soncu. Med smerjo proti Soncu in smerjo proti Luni je 180°. Za določitev tega kota izkoristimo delitev ekliptike po dnevih. Polovica leta je približno 183 dni. Na ekliptiki poiščemo datum, ki je 183 dni po 21. I. - 21. VII. Tam se na ekliptiki nahaja Luna. Kot pravilna šteje tudi kako drugačena lega, katere središče pa mora biti na ekliptiki.

b) Deklinacijo in rektascenzijo središča Lune ocenimo z vrtljivo karto.
Deklinacija = $20° \pm 2°$.
Rektascenzija = 8 h $\pm$ 20 min.

c) 21. 1. 2019 Luna zaide ob 7.40 $\pm$ 20 minut.

d) 21. 1. 2019 Sonce vzide ob 7.40 $\pm$ 20 minut.

B3.
Višina satelita h = 35800 km.
Polmer Zemlje$R$ = 6400 km.
Obhodni čas t_0 geostacionarnega satelita okoli Zemlje je enak vrrtilni dobi Zemlje okoli svoje osi, torej 4 minute manj kot 24 ur. ZA našo natančnost lahko privzamemo:
t_0 = 24 h.

Ker se satelit giblje po krožnici, je njegova pot pri enem obhodu okoli Zemlje enaka obsegu kroga:
$s = 2\pi r$.

Ker pa se Satelit giblje okoli središča Zemlje, je polmer r njegove orbite:
$r = h + R$.

Po definiciji hitrosti:
$v = s/t = 2\pi(h + R)/t_0 = 2\pi$(35800 km + 6400 km)/24 h = 11050 km/h = 3070 m/s.

B4.

Zemljepisna širina $\varphi = 46°$.

Ker je dolžina sence enaka višini palice, je kot med vodoravnico in smerjo proti Soncu 45 stopinj. Opoldanska višina Sonca h je torej tudi 45 stopinj:
$h = 45°$.
Ker je višina severnega nebesnega pola enaka zemljepisni širini opazovališča, velja:
$180° = \varphi + 90° - \delta + h$.
Sledi, da je deklinacija Sonca:
$\delta = 90° - \varphi - h = -90° + 46° + 45° = 1°$.

B5.

Datum zadnje največje vhodne elongacije Venere t_1 = 17. 8. 2018.
Obhodni čas Venere okoli Sonca t_V = 224,7 dneva.

Obhodni čas Zemlje okoli Sonca moramo vedeti: t_Z = 365,25 dneva.

Planeta sta v naslednjič v enaki legi glede na Sonce po času t:
$1/t = 1/t_V - 1/t_Z$.
Iz enačbe izrazimo t:

$t = \frac{t_Z t_V}{t_Z - t_V} = \frac{365{,}25 \cdot 224{,}7}{365{,}25 - 224{,}7}$ dni = 584 dni.

Med zaporednima največjima vzhodima elongacijama mine 584 dni.
V naslednjem koraku moramo ugotoviti, na kateri datum bo naslednja največja vzhodna elongacija. Začetnemu datumu moramo prišteti 584 dni in dan za tem nastopi največja vzhodna elongacija: 24. 3. 2020.

Rešitve za srednje šole

A1. (B) Vodna kača.

A2. (D) Naslednja največja vzhodna elongacija bo 24. 3. 2020. Rešitev dobimo s krajšim računom. Zemlja in Venera prideta v enako lego po času t: $1/t = 1/t_v - 1/t_z$, kjer je t_z obhodni čas Zemlje, t_v pa obhodni čas venere: $1/t$ = 1/(224,7 dneva) - 1/(365,25 dneva).
Sledi: t = 584 dni. To pomeni, da je naslednja največja vzhodna elongacija Venere vidna 584 dni po 17. avgustu 2018 - 24. 3. 2020.

A3. (C) Luna se v eni lunaciji zavrti okoli svoje osi malo več kot enkrat, saj vrtilna doba Lune enaka enemu navideznemu obhodu Lune okoli Zemlje, kar je zaradi gibanja Zemlje okoli Sonca približno 2 dni manj od lunacije.

A4. (A) Na slki je meglica Rakovica oz M1.

A5. (B) Orbite kratkoperiodičnih kometov ležijo približno v ravnini ekliptike.

A6. (B) Fotosfera oddaja približno 99 odstotkov svetlobe Sonca.

A7. (C) Betelgeza je rdeča nadorjakinja, ki bo v relativno kratkem času eksplodirala kot supernova.

A8. (A) Teoretična ločljivost φ = 1,2λ/D, kjer je λ valovna dolžina svtlobe, D pa premer objektiva teleskopa. V vidni svetlobi je pri D = 13 cm ločljivost teleskopa približno 1".

A9. (D) Mali in Veliki Magellanov sta satelitski galaksiji naše Galaksije.

A10. (A) Temna snov učinkuje le s svojo gravitacijsko silo, gravitacijska sila pa zavira širjenje vesolja.

B1.

Zemljepisna širina φ = 46°.
Dolžina palice l = 1 m.
Dolžina sence d = 1,8 m.

Iz dolžine sence izračunamo opoldansko višino Sonca:
$\arctan h = l/d$ = 29°.
Ker je višina severnega nebesnega pola enaka zemljepisni širini opazovališča, velja:
180° = φ + 90° - δ + h.
Sledi, da je deklinacija Sonca:
δ = 90° - φ - h = -90° + 46° + 29° = -15°.

B2.

Navidezna magnituda Sirija m_S = -1,46.
Navidezna magnituda β Vodnarja m_β = +2,87.
Letna paralaksa Sirija π_S = 0,380".
Letna paralaksa β Vodnarja π_β = 0,006".

Iz Pogsonovega zakona izračunamo razmerje svetlobnih tokov teh zvezd na Zemlji:

$j_\beta / j_S = 10^{0,4(m_S - m_\beta)} = 10^{0,4(-1,46-2,87)} = 1{,}85 \cdot 10^{-2}$.

Lahko izračunamo tudi obratno razmerje:
j_S / j_β = 54.

Oddaljenost zvezd izrazimo z njuno paralakso v parsekih:
$d_S = 1/\pi_S$,
$d_\beta = 1/\pi_\beta$.

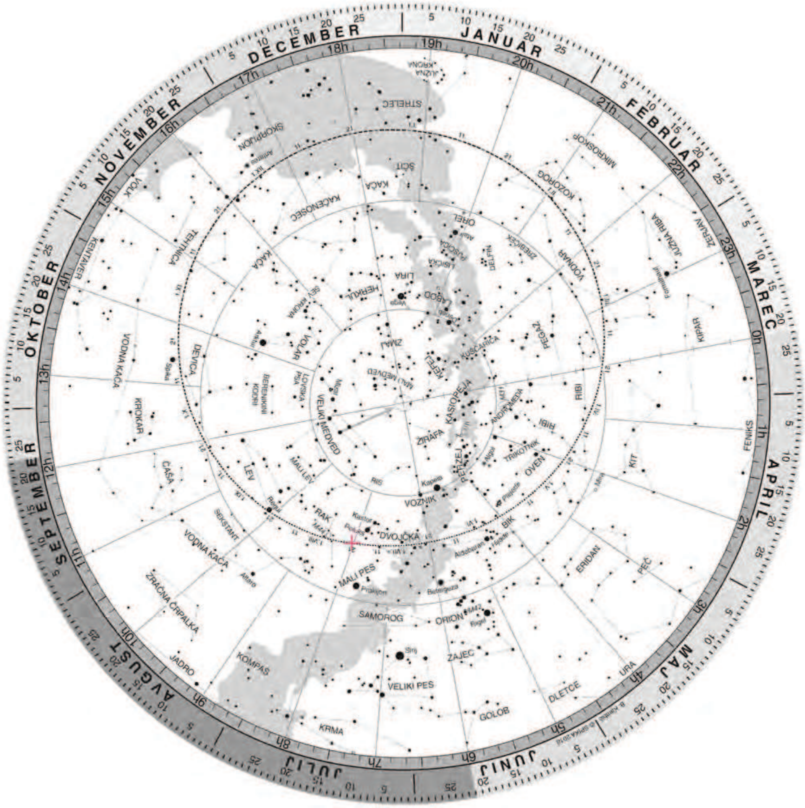
Gostota svetlobnega toka pada s kvadratom razdalje, zato velja:
$j_S = L_S/(4\pi d_S^2)$,
$j_\beta = L_\beta/(4\pi d_\beta^2)$,
kjer sta L_S in L_β izseva zvezd.

Za razmerje njunih gostot svetlobnih tokov dobimo:
$j_\beta / j_S = L_\beta d_S^2 / (L_S d_\beta^2)$.

Izrazimo razmerje njunih izsevov in oddaljenost s paralakso:

$L_\beta / L_S = j_\beta \pi_S^2 / (j_S \pi_\beta^2) = 1{,}85 \cdot 10^{-2}\ 0{,}380^2 / 0{,}006^2 = 74{,}2$.

B3.



a) Položaj Lune v času sredine mrka je vrisan na sliki. Sonce pa je na ekliptiki na oznaki 21. I. Ob Luninem mrku mora biti tudi Luna na ekliptiki, saj je Zemljina senca vedno na ekliptiki - nasproti Soncu. Med smerjo proti Soncu in smerjo proti Luni je 180°. Za določitev tega kota izkoristimo delitev ekliptike po dnevih. Polovica leta je približno 183 dni. Na ekliptiki poiščemo datum, ki je 183 dni po 21. I. - 21. VII. ($\pm$ 2 dni). Tam se na ekliptiki nahaja Luna.

b) Deklinacijo in rektascenzijo središča Lune ocenimo z vrtljivo karto.
Deklinacija = 20° $\pm$ 3°.
Rektascenzija = 8 h $\pm$ 10 min.

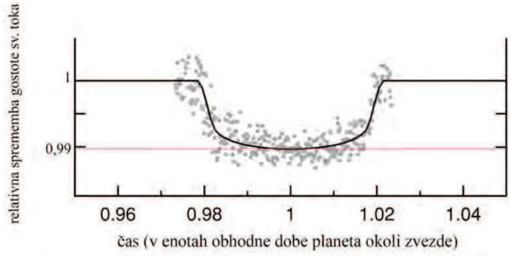
c) Višino Lune ob 6.12 ocenimo z vrtljivo zvezdno karto: h = 15° $\pm$ 3°.

d) 21. 1. 2019 Luna zaide ob 7.40 $\pm$ 20 min.

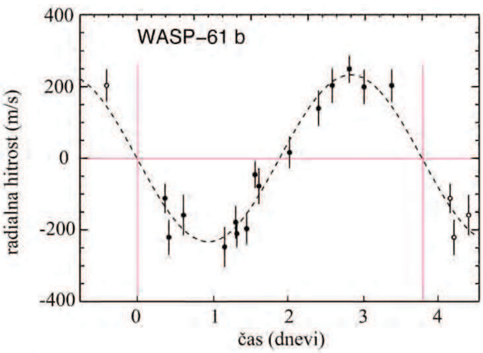
e) 21. 1. 2019 Sonce vzide ob 7.40 $\pm$ 20 min.

B4.
Masa zvezde m_Z = 1,22$m_\odot$.
Polmer zvezde r_Z = 1,36$m_\odot$.
Gravitacijska konstanta G = 6,67·10^{-11} m^{3}kg^{-1}s^{-2}.

Najprej določimo parametre orbite eksoplaneta WASP-61 b okoli materinske zvezde. Privzeli smo krožno orbito in centralni mrk, kar pomeni, da orbito planeta vidimo natansko s strani in ni potrebno upoštevati njene inklinacije (nagiba glede na opazovalca).



Slika 1



Slika 2

Iz slike 2 odčitamo obhodni čas planeta WASP-61 b, ki je enak periodi spreminjanja radialne hitrosti zvezde: t_0 = 3,8 dneva.

Ocenimo napako. Posamezna meritev radialne hitrosti je sicer obremenjena s precejšnjo napako (± 50 m/s), a podano imamo krivuljo z obdelanimi meritvami. Lahko privzamemo, da je absolutna napaka odčitka periode ± 0,1 dneva, kar je prevedeno v relativno napako ± 3 %. Kot pravilne upoštevamo rezultate pravilnih(!) izračunov, ki so podani znotraj relativne napake, čeprav napaka pri vsakem računu ni upoštevana.

Iz 3. Keplerjevega zakona izračunamo polmer r orbite eksoplaneta:

$\frac{r^3}{t_0^2} = \frac{Gm_Z}{4\pi^2}$,

$r = \sqrt[3]{\frac{Gm_Z t_0^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{1{,}22 Gm_\odot t_0^2}{4\pi^2}}$.

Maso Sonca $m_\odot$ lahko poznamo: $m_\odot$ = 2·10^{30} kg, lahko pa jo izračunamo iz znanih podatkov za orbito Zemlje (r_{Zemlja} = 1 a.e; t_{Zemlja} = 1 leto) in 3. Keplerjevega zakona:

$m_\odot = \frac{4\pi^2 r^3_{Zemlja}}{Gt^2_{Zemlja}}$ = 2·10^{30} kg.
Za polmer orbite eksoplaneta sledi:
r = 7,6·10^9 m (1 ± 2 %) = 0,051 a.e. (1 ± 2 %).

Maso eksoplaneta m dobimo iz amplitude radialne hitrosti zvezde v_Z (hitrost gibanja zvezde okoli skupnega težišča s planetom), ki jo odčitamo na sliki 2, in hitrosti planeta okoli skupnega težišča z zvezdo v.
v_Z = 220 m/s $\pm$ 25 m/s (1 $\pm$ 11 %) .

Napako smo ocenili na podlagi odstopanje meritev od izračunanega modela na grafu.
Hitrost planeta v lahko dobimo na dva načina:

1. Ker se planet giblje po krožnici, velja: $v = 2\pi r/t_0$ = 145000 m/s (1 $\pm$ 2 %).

2. Iz 2. Newtonovega zakona za krožeče telo:
$Gm_z/r^2 = v^2/r$,
$v = \sqrt{Gm_Z/r} = \sqrt{1,22Gm_\odot/r}$ = 146000 m/s (1 $\pm$ 1 %).

Razmerje hitrosti gibanja zvezde in eksoplaneta je obratno sorazmerno z njuno maso:
$m/m_Z = v_Z/v$.
Za maso planeta tako dobimo:
$m = m_Z\frac{v_Z}{v}$ = 1,22$m_\odot\frac{v_Z}{v}$ = 1,8·$10^{-3}m_\odot$ = 3,7·10^{27} kg (1 $\pm$ 12 %).

Premer planeta dobimo iz slike 1 - prehod planeta pred materinsko zvezdo. Ker sta objekta daleč in je planet verjetno temen, lahko zapišemo, da je svetlobni tok zvezde j_Z ob prehodu zmanjšanj za toliko (Δj), kolikor ploskvica eksoplaneta S_P zastre ploskvico zvezde S_Z:
$\Delta j/j_Z = S_P/S_Z = R_P^2/R_Z^2$,

kjer R_P polmer planeta, R_Z pa polmer zvezde. Za polmer planeta dobimo:
$R_P = R_Z\sqrt{\Delta j/j_Z}$.
Na sliki 1 odčitamo relativno zmanjšanje svetlobnega toka ob prehodu eksoplaneta:
$\Delta j/j_Z$ = 0,01 $\pm$ 0,001 = 0,01 (1 $\pm$ 10 %).

in za polmer eksoplaneta dobimo:
$R_P = R_Z\sqrt{0,01}$ = 0,1R_Z = 0,136$R_\odot$ (1 $\pm$ 5 %).
Za oceno polmera eksoplaneta moramo poznati polmer Sonca. Ta podatek lahko poznamo ali

pa ga izračunamo iz znanih astronomskih podatkov za navidezno velikost Sonca na našem nebu in oddaljenostjo Zemlje od Sonca.
$R_\odot$ = 1/200 a.e. = 7,5·10^8 m.
R_P = 10^8 m oz.

premer planeta 2R_P = 2·10^8 m (1 $\pm$ 5 %).
Izračunamo še povprečno gostoto planeta ρ, pri čemer privzamemo, da je planet okrogel:

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{4\pi r_P^3/3}$ = 880 kg/m^3 (1 $\pm$ 27 %).

Rešitve tekmovanja iz fizike za zlato Stefanovo priznanje – državno tekmovanje

Rešitve za 8. razred

A1 V kratkovidnem očesu na mrežnici lahko nastane ostra slika (A). Osebe, ki so kratkovidne, brez očal dobro in ostro vidijo predmete, ki so dovolj blizu.

A2 Tolikšnje so poti, ki so jih opravili kolesarji v prikazanem časovnem intervalu:

$$\begin{aligned}
s_{(A)} &= 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 30\,\mathrm{s} = 300\,\mathrm{m},\\
s_{(B)} &= 13\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 18\,\mathrm{s} + 3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 12\,\mathrm{s} = 270\,\mathrm{m},\\
s_{(C)} &= 16\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 10\,\mathrm{s} + 6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 20\,\mathrm{s} = 280\,\mathrm{m},\\
s_{(D)} &= 16\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 18\,\mathrm{s} + 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 12\,\mathrm{s} = 408\,\mathrm{m}.
\end{aligned}$$

Najdaljšo pot je opravil kolesar, čigar odvisnost hitrosti od časa prikazuje (D).

A3 Največjo višino Lune namerita Miha in Jurij takrat, ko je Luna v njunih poldnevniških ravninah. Luna je v Jurijevi poldnevniški ravnini približno 6 ur preden jo istega dne ujame Mihova poldnevniška ravnina. Pravilna rešitev je (B).

A4 Ocenimo, da ima Tina 50 kg in da je ploščina odtisa, ki ga pusti, ko stoji bosa na prstih obeh nog na tleh, približno $S = 1\ \mathrm{dm}^2$. Na tla pritiska s silo $F = 500$ N in tlakom

$$p = \frac{F}{S} = \frac{500\,\mathrm{N}}{0{,}01\,\mathrm{m}^2} = 50\,000\,\mathrm{Pa} = 0{,}5\,\mathrm{bar} = 500\,\mathrm{mbar}. \quad \text{(D)}$$

A5 Masa 72 ml vode je $m_\mathrm{v} = 72$ g $= 0{,}072$ kg, masa etilnega alkohola pa

$$m_\mathrm{ea} = \rho_\mathrm{ea} \cdot V_\mathrm{ea} = 800\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 345\,\mathrm{ml} = 0{,}8\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm}^3} \cdot 0{,}345\,\mathrm{dm}^3 = 0{,}276\,\mathrm{kg}\,.$$

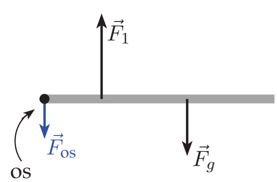
Gostoto etilnega alkohola ρ_ea najdemo v tabeli gostot na listu s fizikalnimi obrazci. Masa zmesi je $m = m_\mathrm{v} + m_\mathrm{ea} = 0{,}348$ kg, prostornina $V = 406$ ml in gostota

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0{,}348\,\mathrm{kg}}{0{,}406\,\mathrm{dm}^3} = 0{,}857\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm}^3} \quad \text{(B)}\,.$$

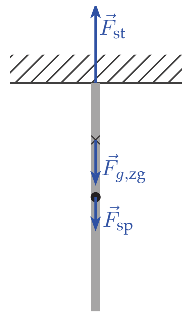
B1 (a) Iz zveze $F_1 \cdot r_1 = F_g \cdot r^*$ izrazimo oddaljenost težišča palice od osi

$$r^* = r_1 \cdot \frac{F_1}{F_g} = 12\,\mathrm{cm} \cdot \frac{20\,\mathrm{N}}{15\,\mathrm{N}} = 16\,\mathrm{cm}.$$

Palica miruje, torej so sile, ki delujejo nanjo, v ravnovesju. Navzgor jo vleče sila $F_1 = 20$ N, navzdol teža $F_g = 15$ N. Sila $\vec{F}_\mathrm{os}$, ki deluje na palico v osi, je usmerjena navzdol (skupaj s težo uravnoveša silo $\vec{F}_1$) in meri $F_\mathrm{os} = 5$ N.



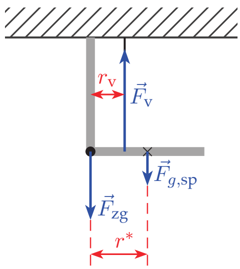
(b) Palici mirujeta, sile na palico so v ravnovesju. Na spodnjo palico deluje teža $F_{g,\mathrm{sp}} = 15$ N, ki jo uravnoveša navzgor usmerjena sila zgornje palice na spodnjo $F_{\mathrm{zg}\to\mathrm{sp}} = 15$ N. Spodnja palica deluje na zgornjo palico s po velikosti enako, po smeri pa nasprotno (navzdol) usmerjeno silo $F_{\mathrm{sp}} = 15$ N. Na zgornjo palico delujeta še njena teža $F_{g,\mathrm{zg}} = 20$ N (navzdol) in sila stropa $F_{\mathrm{st}} = 35$ N (navzgor), ki uravnoveša vsoto sil $\vec{F}_{g,\mathrm{zg}} + \vec{F}_{\mathrm{sp}}$.



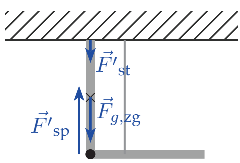
(c) Na spodnjo palico deluje v smeri navzdol njena teža $F_{g,\mathrm{sp}} = 15$ N, ki prijemlje v težišču spodnje palice. Težišče je od krajišča, ki je vrtljivo vpeto v zgornjo palico, oddaljeno $r^* = 15$ cm. V oddaljenosti $r_{\mathrm{v}} = 5$ cm deluje na palico v smeri navzgor sila vrvice $\vec{F}_{\mathrm{v}}$. Spodnja palica miruje, velja $F_{g,\mathrm{sp}} \cdot r^* = F_{\mathrm{v}} \cdot r_{\mathrm{v}}$, odkoder dobimo velikost sile vrvice

$$F_{\mathrm{v}} = F_{g,\mathrm{sp}} \cdot \frac{r^*}{r_{\mathrm{v}}} = 15\,\mathrm{N} \cdot \frac{15\,\mathrm{cm}}{5\,\mathrm{cm}} = 45\,\mathrm{N}.$$

Spodnja palica miruje. V krajišču, ki je vrtljivo vpeto v zgornjo palico, deluje na spodnjo palico sila zgornje palice, ki je usmerjena navzdol. Skupaj s težo spodnje palice uravnoveša silo vrvice in meri $F_{\mathrm{zg}} = 30$ N.

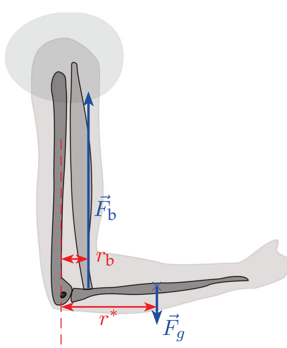


(d) Sila $\vec{F}'_{\mathrm{sp}}$, s katero spodnja palica deluje na zgornjo, je po velikosti enaka, po smeri pa nasprotna sili $\vec{F}_{\mathrm{zg}}$ (glej sliko pri (c)), s katero zgornja palica deluje na spodnjo, $F'_{\mathrm{sp}} = 30$ N, usmerjena je navzgor. Na zgornjo palico delujeta še njena teža $F_{g,\mathrm{zg}} = 20$ N (navzdol) in sila stropa $\vec{F}'_{\mathrm{st}}$. Zgornja palica miruje, sile nanjo so v ravnovesju. Sila stropa je usmerjena navzdol, skupaj s težo zgornje palice uravnoveša silo spodnje palice $\vec{F}'_{\mathrm{sp}}$. Za velikosti sil velja zveza $F'_{\mathrm{sp}} = F_{g,\mathrm{zg}} + F'_{\mathrm{st}}$. Sila stropa meri $F'_{\mathrm{st}} = 10$ N.

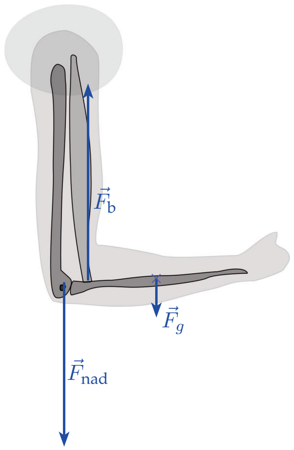


(e/i) Na del roke od komolca do dlani na razdalji $r^* = 15$ cm od komolčnega sklepa (na polovici dolžine roke od komolca do dlani) deluje teža $F_g = 15$ N v smeri navzdol, v smeri navzgor pa deluje na razdalji $r_{\mathrm{b}} = 3$ cm sila bicepsa F_{b}. Roka miruje, velja $F_g \cdot r^* = F_{\mathrm{b}} \cdot r_{\mathrm{b}}$. Iz znanih vrednosti izračunamo silo bicepsa na koželjnico,

$$F_{\mathrm{b}} = F_g \cdot \frac{r^*}{r_{\mathrm{b}}} = 15\,\mathrm{N} \cdot \frac{15\,\mathrm{cm}}{3\,\mathrm{cm}} = 75\,\mathrm{N}.$$



(e/ii) Roka od komolca do dlani miruje, sile nanjo (teža, sila bicepsa in sila nadlahtnice) so v ravnovesju. Sila bicepsa je večja od teže roke in sklepamo, da nadlahtnica v komolcu koželjnico dodatno potiska navzdol. Za velikosti sil velja zveza $F_{\mathrm{b}} = F_g + F_{\mathrm{nad}}$. Nadlahtnica v komolčnem sklepu deluje na koželjnico v smeri navzdol s silo $F_{\mathrm{nad}} = F_{\mathrm{b}} - F_g = 60\,\mathrm{N}$.



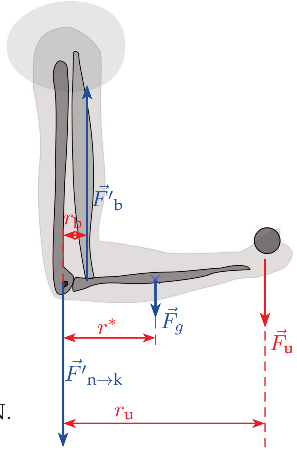
(e/iii) Biceps je spodaj pripet na koželjnico, zgoraj pa na ramo. Biceps miruje. Nanj delujejo 3 sile: v smeri navzdol ga vlečeta koželjnica s silo $F_{\mathrm{k}\to\mathrm{b}} = F_{\mathrm{b}} = 75\,\mathrm{N}$ in teža $F_{g,\mathrm{b}} = 10\,\mathrm{N}$. Navzgor ga vleče sila rame $\vec{F}_{\mathrm{r}\to\mathrm{b}}$, ki uravnoveša $\vec{F}_{\mathrm{k}\to\mathrm{b}}$ in $\vec{F}_{g,\mathrm{b}}$ ter meri $F_{\mathrm{r}\to\mathrm{b}} = 85\,\mathrm{N}$. Sila bicepsa na ramo je po velikosti enaka, po smeri pa nasprotna: $F_{\mathrm{b}\to\mathrm{r}} = F_{\mathrm{r}\to\mathrm{b}} = 85\,\mathrm{N}$, biceps ramo vleče navzdol.

(f) Ko v roko primeš utež, ki ima maso 3 kg, deluje na dlan sila uteži $F_{\mathrm{u}} = 30\,\mathrm{N}$ v smeri navzdol. Sila uteži prijemlje (približno) na razdalji $r_{\mathrm{u}} = 30\,\mathrm{cm}$ od komolčnega sklepa. Poleg sile uteži delujejo na del roke od komolca do dlani še teža $\vec{F}_g$ (navzdol), sila bicepsa $\vec{F'}_{\mathrm{b}}$ (navzgor) in sila nadlahtnice $\vec{F'}_{\mathrm{n}\to\mathrm{k}}$ (navzdol). Na skici sile **niso** narisane v merilu.
Roka miruje. Prvi pogoj za ravnovesje se glasi

$$F'_{\mathrm{b}} \cdot r_{\mathrm{b}} = F_g \cdot r^* + F_{\mathrm{u}} \cdot r_{\mathrm{u}}\,,$$

odkoder izrazimo silo bicepsa

$$\begin{aligned} F'_{\mathrm{b}} &= \frac{1}{r_{\mathrm{b}}} \cdot (F_g \cdot r^* + F_{\mathrm{u}} \cdot r_{\mathrm{u}}) = F_g \cdot \frac{r^*}{r_{\mathrm{b}}} + F_{\mathrm{u}} \cdot \frac{r_{\mathrm{u}}}{r_{\mathrm{b}}} = \\ &= 15\,\mathrm{N} \cdot \frac{15\,\mathrm{cm}}{3\,\mathrm{cm}} + 30\,\mathrm{N} \cdot \frac{30\,\mathrm{cm}}{3\,\mathrm{cm}} = 75\,\mathrm{N} + 300\,\mathrm{N} = 375\,\mathrm{N}. \end{aligned}$$

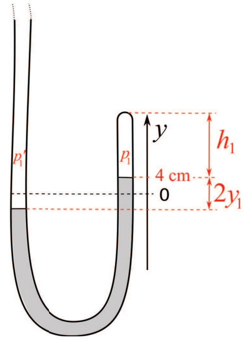


S tolikšno silo deluje biceps spodaj na koželjnico (jo vleče navzgor), zgoraj pa na ramo še z 10 N večjo silo (zaradi lastne teže) $F_{\mathrm{b}\to\mathrm{r}} = 385\,\mathrm{N}$ (jo vleče navzdol).

B2 (a) Ko sta gladini živega srebra v krakih poravnani, je tlak zraka nad gladino v obeh krakih enak. Če je v odprtem kraku cevke manometra tlak 1 bar, je tolikšen tudi v zaprtem kraku cevke.

(b) Ko se gladina živega srebra v zaprtem kraku cevke manometra dvigne na $y_1 = 4$ cm, je stolpec zraka v zaprtem kraku visok $h_1 = h_0 - y_1 = 24\,\text{cm} - 4\,\text{cm} = 20\,\text{cm}$. Upoštevamo, da je produkt tlaka in prostornine zraka v zaprtem kraku cevke stalen, $p_1 \cdot V_1 = p_0 \cdot V_0$. Ko prostornini zraka v zaprtem kraku zapišemo kot $V_0 = S \cdot h_0$ in $V_1 = S \cdot h_1$, dobimo zvezo $p_0 \cdot h_0 = p_1 \cdot h_1$. Od tod izrazimo tlak p_1 v zaprtem kraku,

$$p_1 = p_0 \cdot \frac{h_0}{h_1} = 1\,\text{bar} \cdot \frac{24\,\text{cm}}{20\,\text{cm}} = 1{,}2\,\text{bar}.$$

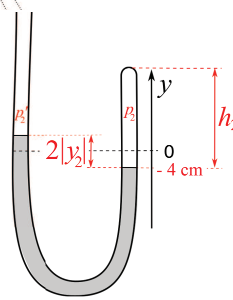


(c) Tlak v odprtem kraku manometra (cevki, povezani s posodo, v kateri merimo tlak) je p_1' in je za hidrostatski tlak stolpca živega srebra, visokega $2 \cdot y_1 = 8$ cm, večji od tlaka p_1. Gostoto živega srebra najdemo v tabeli gostot na listu s fizikalnimi obrazci, $\rho_{\text{Hg}} = 13\,550\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Zapišemo z gostoto (ali pa s specifično težo $\sigma = \rho \cdot g$)

$$\begin{aligned} p_1' &= p_1 + \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot (2 \cdot y_1) = 1{,}2\,\text{bar} + 13\,550\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0{,}08\,\text{m} = \\ &= 1{,}2\,\text{bar} + 0{,}1084\,\text{bar} = 1{,}3084\,\text{bar} \approx 1{,}31\,\text{bar}. \end{aligned}$$

(d) Ko se gladina živega srebra v zaprtem kraku cevke manometra spusti na $y_2 = -4$ cm, je stolpec zraka v zaprtem kraku visok $h_2 = h_0 + |y_2| = 24\,\text{cm} + 4\,\text{cm} = 28\,\text{cm}$. Upoštevamo, da je produkt tlaka in prostornine (oziroma višine stolpca) zraka v zaprtem kraku cevke stalen, in dobimo zvezo $p_0 \cdot h_0 = p_2 \cdot h_2$. Od tod izrazimo tlak p_2 v zaprtem kraku,

$$p_2 = p_0 \cdot \frac{h_0}{h_2} = 1\,\text{bar} \cdot \frac{24\,\text{cm}}{28\,\text{cm}} = 0{,}857\,\text{bar} \approx 0{,}86\,\text{bar}.$$



(e) Tlak v odprtem kraku manometra (cevki, priključeni na posodo, v kateri merimo tlak) je p_2' in je za hidrostatski tlak stolpca živega srebra, visokega $2 \cdot |y_2| = 2 \cdot y_1 = 8$ cm, manjši od tlaka p_2. Zapišemo

$$p_2' = p_2 - \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot (2 \cdot |y_2|) = 0{,}857\,\text{bar} - 0{,}1084\,\text{bar} = 0{,}749\,\text{bar} \approx 0{,}75\,\text{bar}.$$

(f) V zaprtem kraku manometra je najmanjši možen tlak p_z (C) večji od 0 bar. V zaprtem kraku je vedno zrak, tlak plina pa je vedno pozitiven. V odprtem kraku je najmanjši možen tlak p_o (B) enak 0 bar. Iz odprtega kraka lahko izčrpamo ves zrak. Če plina v kraku ni, je tlak 0.

C Eksperimentalna naloga

Vsi tekmovalci so imeli identične pripomočke.

(a) Meritve nihajnih časov nihala s kroglico so v razpredelnici. Povprečje treh meritev 10 nihajnih časov izračunamo kot

$$\bar{t}_{10} = \frac{1}{3} \cdot (t_{10,1} + t_{10,2} + t_{10,3}) = \frac{1}{3} \cdot (10{,}19\,\text{s} + 10{,}15\,\text{s} + 10{,}34\,\text{s}) = 10{,}23\,\text{s}.$$

Lastni nihajni čas nihala je desetina $\bar{t}_{10}$, $t_0 = 1{,}023$ s. Lastna frekvenca nihala s kroglico je

$$\nu_0 = \frac{1}{t_0} = \frac{1}{1{,}023\,\text{s}} = 0{,}98\,\frac{1}{\text{s}} = 0{,}98 \cdot \text{s}^{-1}$$

meritve			izračuni		
t_{10} [s]	t_{10} [s]	t_{10} [s]	$\bar{t}_{10}$ [s]	t_0 [s]	ν_0 $\left[\frac{1}{\text{s}}\right]$
10,19	10,15	10,34	10,23	1,023	0,98

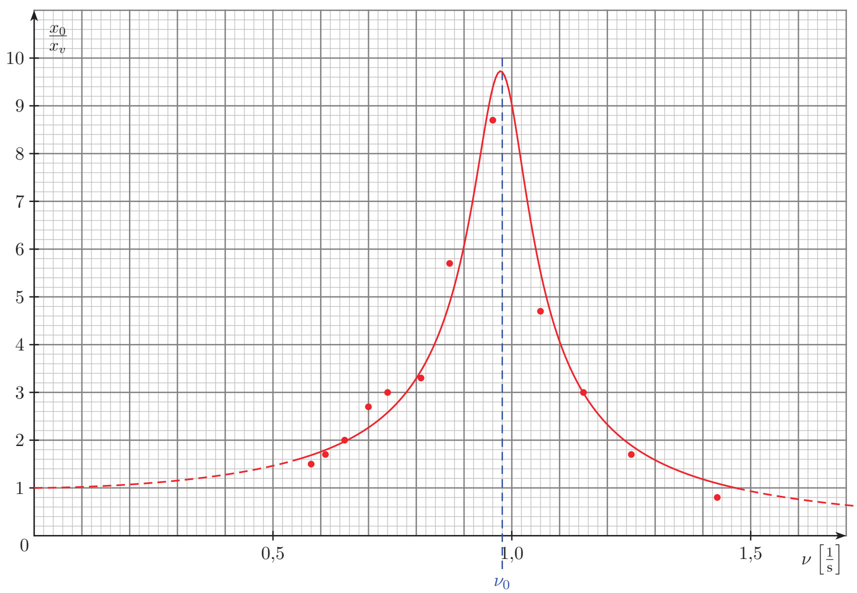
(b) Amplituda nihanja nihala s kroglico se zmanjša na polovico v približno 4 ± 2 nihajih.

(c) Meritve nihajnih časov t_{10} ter amplitud vsiljevanja x_v in nihanja x_0 so v delu (c) razpredelnice.

(d) V delu (d) razpredelnice so izračunane frekvence ν in razmerja med amplitudama nihanja in vsiljevanja $\frac{x_0}{x_v}$.

(c)			(d)	
t_{10} [s]	x_v [cm]	x_0 [cm]	ν $\left[\frac{1}{\mathrm{s}}\right]$	$\frac{x_0}{x_v}$
17,19	1	1,5	0,58	1,5
16,37	1,5	2,5	0,61	1,7
15,32	1,25	2,5	0,65	2,0
14,31	1,5	4	0,70	2,7
13,53	1,5	4,5	0,74	3,0
12,35	1,5	5	0,81	3,3
11,44	1,5	8,5	0,87	5,7
10,44	1,5	13	0,96	8,7
9,41	1,5	7	1,06	4,7
8,69	1,5	4,5	1,15	3,0
8,00	1,5	2,5	1,25	1,7
7,00	1	0,8	1,43	0,8

(e) V koordinatnem sistemu je s sklenjeno rdečo črto narisan graf, ki prikazuje, kako je razmerje med amplitudama nihanja in vsiljevanja $\frac{x_0}{x_v}$ odvisno od frekvence nihanja ν.



(f) Ko je frekvenca vsiljenega nihanja ν mnogo manjša od lastne frekvence nihala ν_0 – to pomeni, da zgornje krajišče nihala (in celotno nihalo) niha res počasi – kroglica temu gibanju sledi, giblje se z enako amplitudo kot zgornje krajišče vrvice. Razmerje amplitud nihanja in vsiljevanja $\frac{x_0}{x_v}$ se približuje številu 1, $\frac{x_0}{x_v} \to 1$ (od zgoraj; ni manjše od 1).

(g) Ko je frekvenca vsiljenega nihanja ν mnogo večja od lastne frekvence nihala ν_0 – to pomeni, da zgornje krajišče nihala (in celotno nihalo) niha res hitro – kroglica temu gibanju ne more več slediti in se skoraj ne premika več. Razmerje amplitud nihanja in vsiljevanja $\frac{x_0}{x_v}$ se približuje številu 0, $\frac{x_0}{x_v} \to 0$ (od zgoraj).

(h) V koordinatnem sistemu pri (e) je s črtkano črto dorisan graf pri velikih in majhnih frekvencah. Upoštevamo zapisane ugotovitve pri vprašanjih (f) in (g).

(i) Na začetku, ko spustimo utež iz skrajne lege, nihalo s kroglico niha neenakomerno – utripa. Niha s spremenljivo amplitudo, vmes se lahko skoraj ustavi. To dogajanje je še posebej izrazito, ko je frekvenca vsiljenega nihanja zelo podobna lastni frekvenci nihala s kroglico. Utripanje (neenakomerno nihanje) nihala s kroglico traja vse dokler se lastno nihanje nihala s kroglico ne zaduši (kar se zgodi v približno 10 nihajih).

Nihalo z utežjo je bistveno manj dušeno in ga tudi nihanje lahkega nihala s kroglico skoraj nič ne moti.

(j) Kar veliko podrobnosti lahko opazimo, če pozorno opazujemo nihanje teh dveh nihal.

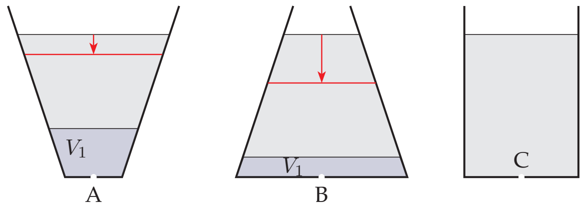
- Nihali nihata z isto frekvenco (ko lastno nihanje nihala s kroglico zamre).
- Težko nihalo z utežjo vpliva na lahko nihalo s kroglico. Obratnega vpliva ne opazimo.
- Lahko nihalo niha dušeno (njegovo lastno nihanje kmalu zamre), težko nihalo niha bistveno manj dušeno.
- Frekvenca, s katero niha nihalo, ni odvisna od amplitude (pri majhnih amplitudah).
- Ko ima nihalo daljšo vrvico, niha z daljšim nihajnim časom in z manjšo frekvenco ter obratno.
- Nihali nihata sočasno, v *fazi* – se približno sočasno odmikata v isto stran –, ko je frekvenca nihanja manjša od lastne frekvence nihala s kroglico. Nihali nihata v *protifazi* – se približno sočasno odmikata v nasprotno stran –, ko je frekvenca nihanja večja od lastne frekvence nihala s kroglico.

Rešitve za 9. razred

A1 Hitrost, s katero iz posode izteka voda, je tem večja, čim večji je tlak v posodi pri luknjici (glede na tlak zunaj posode – zračni tlak). Čim večja je hitrost iztekanja, tem več vode izteče (v enakem času). Če se ne izpraznijo vse posode hkrati (česar ta hip še ne vemo), se valjasta posoda C gotovo ne izprazni niti prva niti zadnja. Prva se izprazni bodisi posoda A bodisi posoda B.

Primerjajmo začetno iztekanje vode iz posod A in B ter primerjajmo **čas**, v katerem iz posod izteče (na primer) petina vse vode $V_1 = \frac{1}{5} V_0$, na sliki v obeh posodah obarvana modro. Prostor, ki se izprazni, ker voda iz njega odteče skozi luknjico, nadomesti voda iz okolice in gladina vode v posodi se zniža. Na sliki je z rdečo označena gladina vode v posodi v trenutku, ko je iz posode ravno iztekla (z modro) označena prostornina vode V_1. Med iztekanjem prve petine vode se gladina bolj zniža v posodi B, zato se v tej posodi tudi bolj zniža tlak pri luknjici in zmanjša hitrost, s katero iz luknjice izteka voda. Voda s prostornino V_1 kasneje izteče iz posode B, ker izteka pri manjšem povprečnem tlaku in z manjšo povprečno hitrostjo kot iz posode A.

V nadaljevanju primerjajmo čas, v katerem iz posod izteče naslednja petina vode. Razmislek je enak: povprečni tlak, pri katerem iz posod izteka druga petina vode, je v posodi B manjši kot v posodi A, zato tudi druga – in vse nadaljnje – petine vode prej iztečejo iz posode A. Prva se izprazni posoda (A).



A2 Višina, na kateri je padajoč oreh, se manjša, njegova hitrost pa se veča. Čim manjša je višina h, tem večja je hitrost oreha. Hitrost narašča enakomerno **s časom** in zato neenakomerno (korensko) s h. Graf, ki pravilno prikazuje odvisnost $v(h)$, je graf (A).

A3 Na telo z maso m deluje na površini (in malo nad njo) planeta z maso M gravitacijska sila F_g, ki povzroči, da telo z maso m prosto pada proti površini s težnim pospeškom g,

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} = m \cdot g\,,$$

kjer je r polmer planeta. Iz znanih podatkov za G, maso in polmer Marsa M ter r izračunamo g na površini Marsa,

$$g = G \cdot \frac{M}{r^2} = 6{,}7 \cdot 10^{-11}\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2} \cdot \frac{6{,}42 \cdot 10^{23}\,\mathrm{kg}}{(3390\,\mathrm{km})^2} = 3{,}74\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,.$$

Pravilna rešitev je (B).

A4 Ocenimo prostornine.

(A) Robovi šolske učilnice merijo $a = 8$ m, $b = 8$ m in $c = 3$ m, prostornina učilnice je $V_{(\mathrm{A})} = a \cdot b \cdot c = 192\,\mathrm{m}^3$, kar je daleč od milijonov m^3.

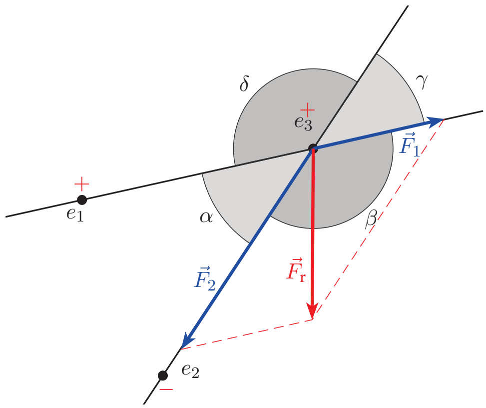
(B) Robovi šole merijo $a = 80$ m, $b = 80$ m in $c = 15$ m, prostornina šole je $V_{(\mathrm{B})} = a \cdot b \cdot c = 96\,000\,\mathrm{m}^3$, kar je še vedno daleč od milijonov m^3.

(C) Blejsko jezero je približno pravokotnik in če sta njegovi stranici dolgi $a = 2$ km in $b = 1$ km, je njegov obseg 6 km (kot pravi naloga) in površina $S = a \cdot b = 2\,\mathrm{km}^2$. V povprečju je jezero globoko $c = 18$ m, torej je v njem približno $V_{(\mathrm{C})} = a \cdot b \cdot c = 36\,000\,000\,\mathrm{m}^3 = 36 \cdot 10^6\,\mathrm{m}^3 = 36$ milijonov m^3 vode, kar je še vedno precej manj kot 165 milijonov m^3.

(D) Če smo obliko Blejskega jezera aproksimirali s pravokotnikom, lahko mesto Ljubljana znotraj *Poti ob žici* s krogom, katerega obseg je $o = 2 \cdot \pi \cdot r = 35$ km, odkoder izračunamo polmer kroga $r = 5570$ m ≈ 6 km. Ploščina kroga (mesta) je $S = \pi \cdot r^2 = 113 \cdot 10^6\,\mathrm{m}^2$. Ljubljano bi poplavili z $c = 1{,}5$ m globoko vodo, če bi jo nanjo zlili $V_{(\mathrm{D})} = S \cdot c = 170 \cdot 10^6\,\mathrm{m}^3 = 170$ milijonov m^3 vode, kar je približno enako prostornini vode, načrpane v Sloveniji v letu 2015.

Pravilen odgovor je (D).

A5 Skica prikazuje sili $\vec{F}_1$ in $\vec{F}_2$, s katerima naboja e_1 in e_2 delujeta na naboj e_3. Rezultanta obeh sil $\vec{F}_\mathrm{r}$ kaže – ne glede na velikost sil $\vec{F}_1$ in $\vec{F}_2$, ki sta sicer odvisni od velikosti nabojev in razdalj med njimi – v smer znotraj kota β (B).



B1 (a) Jard meri

$$1\,\text{jard} = \frac{1\,\text{milja}}{1760} = \frac{1609{,}344\,\text{m}}{1760} = 0{,}9144\,\text{m}.$$

Maraton je dolg

$$s_\mathrm{m} = 26\,\text{milj} + 385\,\text{jardov} = 26 \cdot 1609{,}344\,\text{m} + 385 \cdot 0{,}9144\,\text{m} = 42\,195\,\text{m} = 42{,}195\,\text{km}.$$

(b) V 360° zemljepisne dolžine (med 0° in 180° V ter med 0° in 180° Z) se zvrsti 24 časovnih pasov, kar pomeni, da je povprečna širina posameznega časovnega pasu

$$\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ.$$

Razlika v zemljepisni dolžini 15° ustreza časovni razliki $1\ \text{h} = 60\ \text{min}$ med poldnevoma po Soncu. Razlika v zemljepisni dolžini 1° ustreza petnajstini ure oziroma časovni razliki 4 min med poldnevoma po Soncu.

(c) Dolžina loka na ekvatorju l_e, ki ustreza 1° razlike v geografski dolžini, je

$$l_\mathrm{e} = \frac{o_\mathrm{e}}{360} = \frac{40\,075\,\text{km}}{360} = 111{,}32\,\text{km},$$

kjer je $o_\mathrm{e} = 40\,075\,\text{km}$ obseg Zemlje po ekvatorju. Ta razdalja ustreza

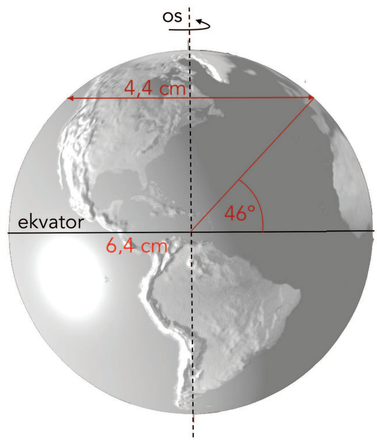
$$N_\mathrm{e} = \frac{l_\mathrm{e}}{s_\mathrm{m}} = \frac{111{,}32\,\text{km}}{42{,}195\,\text{km}} = 2{,}64\,\text{maratonskim razdaljam}.$$

(d) Mohudi preteče s hitrostjo $v = 16\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ razdaljo, ki na ekvatorju ustreza razliki 1° v geografski dolžini, v času

$$t_\mathrm{e} = \frac{l_\mathrm{e}}{v} = \frac{111{,}32\,\text{km} \cdot \text{h}}{16\,\text{km}} = 6\,\text{h}\,57\,\text{min} \approx 7\,\text{h}.$$

(e) Če bi Mohudi v Ljubljani tekel naravnost proti vzhodu, bi tekel vzdolž vzporednika. Obseg Zemlje po vzporedniku na geografski širini Ljubljane ($45°$ ali $46°$) je manjši od dolžine ekvatorja, in tudi dolžina loka, ki ustreza $1°$ razlike v geografski dolžini, je na vzporedniku sorazmerno manjša. Obseg krožnice (ekvatorja ali vzporednika) je sorazmeren polmeru krožnice. Razmerje med obsegom dveh krožnic je enako razmerju med njunima polmeroma. To razmerje razberemo s skice. Obseg Zemlje o_{Lj} po ljubljanskem vzporedniku je

$$o_{\mathrm{Lj}} = \frac{4{,}4\,\mathrm{cm}}{6{,}4\,\mathrm{cm}} \cdot o_{\mathrm{e}} = 27\,552\,\mathrm{km}.$$



Dolžina loka na vzporedniku, ki ustreza $1°$ razlike v geografski dolžini, je

$$l_{\mathrm{Lj}} = \frac{o_{\mathrm{Lj}}}{360} = \frac{27\,552\,\mathrm{km}}{360} = 76{,}53\,\mathrm{km}.$$

Dolžino l_{Lj} lahko izračunamo tudi iz l_{e} in razmerja med polmeri na skici,

$$l_{\mathrm{Lj}} = \frac{4{,}4\,\mathrm{cm}}{6{,}4\,\mathrm{cm}} \cdot l_e = 76{,}53\,\mathrm{km}.$$

Mohudi bi to razdaljo pretekel v času

$$t_{\mathrm{Lj}} = \frac{l_{\mathrm{Lj}}}{v} = \frac{76{,}53\,\mathrm{km} \cdot \mathrm{h}}{16\,\mathrm{km}} = 4\,\mathrm{h}\,47\,\mathrm{min}.$$

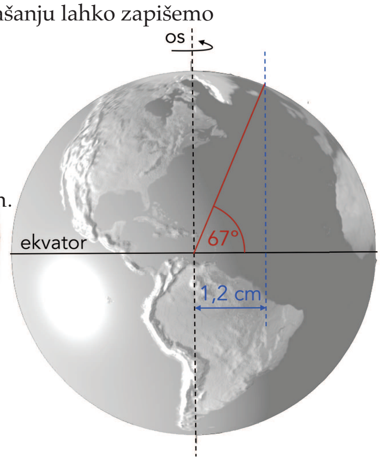
(f) Dolžina loka l_α na vzporedniku pri geografski širini α, ki jo iščemo, je enaka dolžini maratona. Po enakem razmisleku kot pri prejšnjem vprašanju lahko zapišemo

$$l_\alpha = s_{\mathrm{m}} = \frac{2 \cdot r_\alpha}{6{,}4\,\mathrm{cm}} \cdot l_{\mathrm{e}}$$

odkoder izrazimo premer iskanega vzporednika na sliki Zemlje $2 \cdot r_\alpha$,

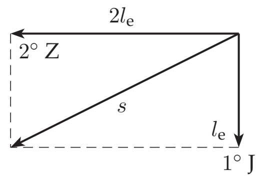
$$2 \cdot r_\alpha = 6{,}4\,\mathrm{cm} \cdot \frac{s_{\mathrm{m}}}{l_{\mathrm{e}}} = 6{,}4\,\mathrm{cm} \cdot \frac{42{,}195\,\mathrm{km}}{111{,}32\,\mathrm{km}} = 2{,}43\,\mathrm{cm}.$$

Polmer r_α je polovica premera, $r_\alpha = 1{,}2$ cm. Na sliki Zemlje narišemo v oddaljenosti r_α od osi vzporednico Zemljini vrtilni osi. Vzporednica na sliki seka Zemljino površino (rob) v točki, ki ima geografsko širino α, ki jo iščemo. Na sliki izmerimo, da je $\alpha = 67°$ (pri tečajniku, kar je seveda naključje).



(g) Na ekvatorju sta dolžini lokov, ki ustrezata $1°$ razlike v geografski širini in $1°$ razlike v geografski dolžini, enaki. Pot s, ki jo Mohudi preteče, izračunamo s Pitagorovim izrekom (ali z načrtovanjem),

$$s = \sqrt{l_e^2 + (2 \cdot l_e)^2} = l_e \cdot \sqrt{5} = 248{,}92\,\text{km}.$$

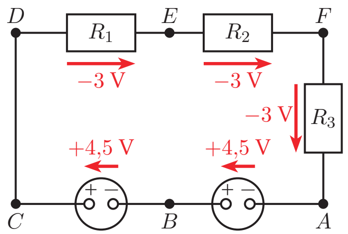


Mohudi to razdaljo preteče v času

$$t_{KM} = \frac{s}{v} = \frac{248{,}92\,\text{km} \cdot \text{h}}{16\,\text{km}} = 15\,\text{h}\,33\,\text{min}\,27\,\text{s}.$$

B2 (a) V prvem primeru so v krogu zaporedno vezani dve bateriji in trije enaki uporniki $R_1 = R_2 = R_3$. Skupna napetost baterij je 9 V, napetost na enem uporniku je $(-)3$ V. V teh rešitvah se pri predznakih napetosti v razpredelnici in na slikah držimo pravila, da je napetost vira pozitivna, ko gremo v smeri toka skozi vir (v smeri od točke A do B in naprej do C), in da je napetost na uporniku negativna, ko gremo v smeri toka skozi upornik (v smeri od točke D proti E, F, A).

V smeri toka je napetost na posamezni bateriji $4{,}5$ V, na posameznem uporniku pa -3 V. Vrednosti napetosti so v razpredelnici.



točki	(a) U [V]	(c) U [V]	(e) U [V]
$A-B$	4,5	4,5	4,5
$A-C$	9	9	9
$C-D$	0	0	0
$A-D$	9	9	9
$D-E$	$(-)3$	$(-)3{,}6$	$(-)4{,}5$
$C-F$	$(-)6$	$(-)7{,}2$	$(-)7{,}5$
$B-E$	1,5	0,9	0
$F-A$	$(-)3$	$(-)1{,}8$	$(-)1{,}5$

(b) Skozi vse elemente v vezju teče isti tok I_1. Izračunamo ga iz (velikosti) napetosti na uporniku, na primer R_1 (napetost med točkama D in E),

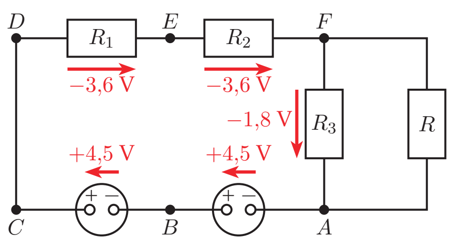
$$I_1 = \frac{U_{D-E}}{R_1} = \frac{3\,\text{V}}{30\,\Omega} = 0{,}1\,\text{A}.$$

(c) Ko Maja sklene stikalo S_1, poveže v krog vzporedno z upornikom R_3 še upornik R. Tok I_2, ki teče skozi bateriji ter upornika R_1 in R_2, se porazdeli med enakima upornikoma R_3 in R: polovica ga teče skozi R, polovica pa skozi R_3 (ker velja $R_3 = R$). Napetost na uporniku R_1 je $U_1 = R.I_1$, napetost na uporniku R_2 je $U_2 = R_2 \cdot I_1 = U_1$, napetost na uporniku R_3 pa je $U_3 = R_3 \cdot \frac{1}{2} I_1 = \frac{1}{2} U_1$.

Vsota (velikosti) teh napetosti je enaka vsoti napetosti obeh baterij. Zapišemo

$$2 \cdot U_1 + \frac{1}{2} U_1 = 9\,\text{V},$$

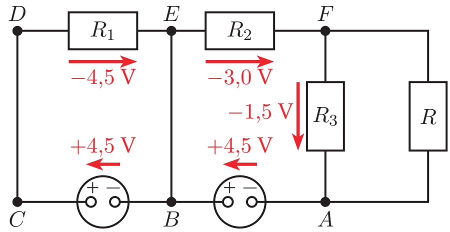
odkoder sledi $U_1 = 3{,}6$ V. Vrednosti ostalih napetosti so v stolpcu (c) razpredelnice.



(d) Skozi bateriji in upornik R_1 teče tok I_2. Izračunamo ga iz (velikosti) napetosti U_1 na tem uporniku,

$$I_2 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3{,}6\,\mathrm{V}}{30\,\Omega} = 0{,}12\,\mathrm{A}.$$

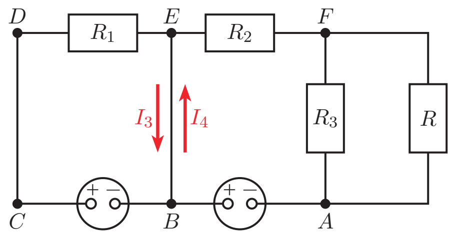
(e) Ko Maja sklene še stikalo S_2, postane napetost med točkama B in E enaka 0. Napetost na uporniku R_1 je enaka napetosti baterije 4,5 V. Na uporniku R_2 je napetost U_2, na uporniku R_3 je napetost $\frac{1}{2}U_2$ (ker se tok, ki teče skozi R_2, razdeli na polovici, ki tečeta skozi vzporedna upornika R_3 in R), vsota velikosti teh dveh napetosti je enaka napetosti baterije,



$$U_2 + \frac{1}{2}U_2 = 4{,}5\,\mathrm{V}.$$

Od tod sledi $U_2 = 3{,}0$ V.

(f) Lahko si predstavljamo, da je tok skozi stikalo S_2 vsota tokov, ki ju v obratnih smereh poganjata bateriji. Leva baterija žene tok I_3, ki teče v smeri $B \to C \to D \to E \to B$ skozi upornik R_1 in znaša



$$I_3 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{4{,}5\,\mathrm{V}}{30\,\Omega} = 0{,}15\,\mathrm{A}.$$

Desna baterija žene tok I_4, ki teče v smeri $A \to B \to E \to F$ skozi upornik R_2 in znaša

$$I_4 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{3{,}0\,\mathrm{V}}{30\,\Omega} = 0{,}1\,\mathrm{A}.$$

Tok I_5 skozi stikalo S_2 teče v smeri $E \to B$ in je po velikosti enak razliki med I_3 in I_4,

$$I_5 = I_3 - I_4 = 0{,}15\,\mathrm{A} - 0{,}1\,\mathrm{A} = 0{,}05\,\mathrm{A}.$$

C Eksperimentalna naloga

Vsi tekmovalci so imeli identične pripomočke.

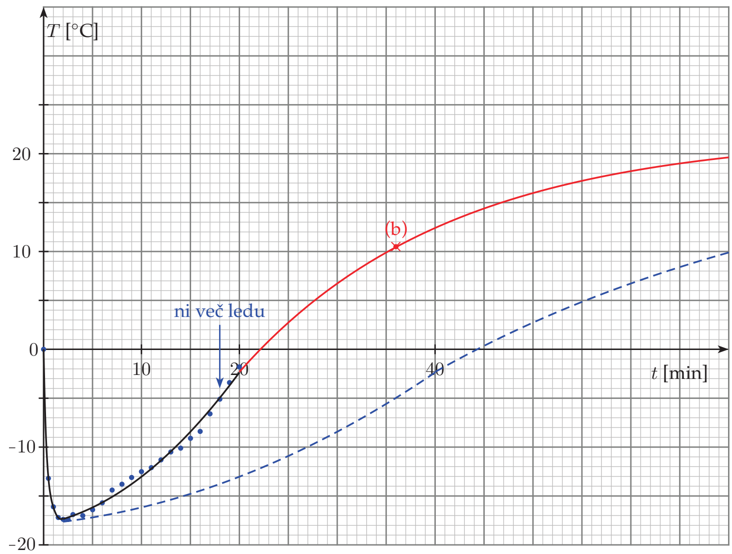
(a) Temperatura talečega se ledu je $T_0 = 0\,°\mathrm{C} \pm 1\,°\mathrm{C}$ (odvisno od kalibriranosti termometra). Primer meritev je v tabeli.

t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]
0	0	(f) 3,0	−16,9	9,0	−13,1	15,0	−9,1
0,5	−13,1	4,0	−17,0	10,0	−12,5	16,0	−8,4
1,0	−16,1	5,0	−16,4	11,0	−12,1	17,0	−6,6
1,5	−17,2	6,0	−15,7	12,0	−11,3	(d) 18,0	−5,1
2,0	−17,4	7,0	−14,4	13,0	−10,5	19,0	−3,4
2,5	−17,4	8,0	−13,8	14,0	−10,1	20,0	−1,8

(b) Meritve so v razpredelnici.

t [min]	T [°C]	Δt [s]	T_o [°C]
35 min 52 s	10,3	86	21,3

(c) V koordinatnem sistemu je graf, ki prikazuje, kako se je s časom spreminjala temperatura zmesi v lončku.



(d) V razpredelnici pri (a) je z rdečo obkroženo časovno območje 1 minute, ko ledu v lončku ni več. V tem času se je slana voda v lončku segrela od $T_1 = -5{,}1\,°\text{C}$ do $T_2 = -3{,}4\,°\text{C}$, torej za $\Delta T = 1{,}7\,°\text{C}$. Specifična toplota vodne raztopine kuhinjske soli pada s koncentracijo raztopljene soli in je, ko je masni delež soli v vodi približno 23% (6 g soli v 26 g raztopine), enaka $c = 3300\ \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$. Masa raztopine je $m = m_{\text{NaCl}} + m_{\text{led}} = 26$ g. V izbranem časovnem intervalu je zmes prejela toploto

$$Q_{(\text{d})} = m \cdot c \cdot \Delta T = 0{,}026\,\text{kg} \cdot 3300\,\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 1{,}7\,\text{K} = 146\,\text{J}.$$

(e) V časovnem intervalu $\Delta t = 1$ min se temperatura zmesi niti v primeru iz vprašanja (d) niti v primeru iz vprašanja (b) ne spremeni dosti in je zato temperaturna razlika, ki v tem času poganja toplotni tok iz okolice v zmes, približno stalna – boljši približek dobimo, če jo določimo iz povprečne temperature zmesi $\bar{T}$ v izbranem časovnem območju.

Temperatura okolice je $T_o = 21{,}3\,°\text{C}$, povprečna temperatura zmesi v primeru (d) je $\bar{T}_{(\text{d})} = -4{,}3\,°\text{C}$ in temperaturna razlika, ki poganja toplotni tok, je $\Delta T_{(\text{d})} = T_o - \bar{T}_{(\text{d})} = 25{,}6\,°\text{C} = 25{,}6$ K. Toplotni tok, ki teče v zmes, je

$$P_{(\text{d})} = \frac{Q_{(\text{d})}}{\Delta t} = \frac{146\,\text{J}}{60\,\text{s}} = 2{,}43\,\text{W}.$$

Koeficient $K_{(\text{d})}$ je

$$K_{(\text{d})} = \frac{P_{(\text{d})}}{\Delta T_{(\text{d})}} = \frac{2{,}43\,\text{W}}{25{,}6\,\text{K}} = 0{,}095\,\frac{\text{W}}{\text{K}}.$$

V primeru (b) se zmes v času $\Delta t_{(\mathrm{b})} = 86$ s segreje za $\Delta T_{\mathrm{zmes}} = 1$ K z začetne temperature $10{,}3\,^\circ\mathrm{C}$ na $11{,}3\,^\circ\mathrm{C}$ in je povprečna temperatura zmesi $\bar{T}_{(\mathrm{b})} = 10{,}8\,^\circ\mathrm{C}$. Temperaturna razlika, ki poganja toplotni tok, je $\Delta T_{(\mathrm{b})} = T_\mathrm{o} - \bar{T}_{(\mathrm{b})} = 10{,}5\,^\circ\mathrm{C} = 10{,}5\,\mathrm{K}$. Toplotni tok, ki teče v zmes, je

$$P_{(\mathrm{b})} = \frac{Q_{(\mathrm{b})}}{\Delta t_{(\mathrm{b})}} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T_{\mathrm{zmes}}}{\Delta t_{(\mathrm{b})}} = \frac{0{,}026\,\mathrm{kg} \cdot 3300\,\mathrm{J} \cdot 1\,\mathrm{K}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K} \cdot 86\,\mathrm{s}} = \frac{85{,}8\,\mathrm{J}}{86\,\mathrm{s}} = 1{,}00\,\mathrm{W}.$$

Koeficient $K_{(\mathrm{b})}$ je

$$K_{(\mathrm{b})} = \frac{P_{(\mathrm{b})}}{\Delta T_{(\mathrm{b})}} = \frac{1{,}00\,\mathrm{W}}{10{,}5\,\mathrm{K}} = 0{,}095\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}.$$

Vida in Valentina sta meritve izvedli zelo natančno. Koeficienta sta enaka (načeloma pa lahko pričakujemo rahlo neujemanje, ki je posledica različnih merskih napak).

(f) V razpredelnici pri (a) je z modro obkroženo izbrano časovno območje 1 minute, ko je bila v lončku še ledena zmes. V časovnem intervalu $\Delta t = 1$ min se zmes nekoliko segreje (za $0{,}1$ K), kar lahko zanemarimo, in nekaj ledu se stali.

Toploto, ki jo je zmes v tem času prejela, izračunamo iz toplotnega toka, ki ga žene razlika med temperaturo okolice $T_\mathrm{o} = 21{,}3\,^\circ\mathrm{C}$ in (povprečno) temperaturo ledene zmesi v tem času $\bar{T}_{(\mathrm{f})} = -16{,}9\,^\circ\mathrm{C}$, $\Delta T_{(\mathrm{f})} = T_\mathrm{o} - \bar{T}_{(\mathrm{f})} = 38{,}2\,^\circ\mathrm{C} = 38{,}2\,\mathrm{K}$,

$$Q_{(\mathrm{f})} = P_{(\mathrm{f})} \cdot \Delta t = K \cdot \Delta T_{(\mathrm{f})} \cdot \Delta t = 0{,}095\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}} \cdot 38{,}2\,\mathrm{K} \cdot 60\,\mathrm{s} = 217{,}7\,\mathrm{J} \approx 218\,\mathrm{J}.$$

Led z maso m_l se stali, ko prejme toploto $Q_{\mathrm{tal}} = m_\mathrm{l} \cdot q_t$, kjer je $q_t = 334\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$ specifična talilna toplota ledu. Izračunamo maso ledu, ki se je v izbranem časovnem obdobju stalila, ker je prejela toploto $Q_{(\mathrm{f})}$

$$m_\mathrm{l} = \frac{Q_{(\mathrm{f})}}{q_t} = \frac{218\,\mathrm{J} \cdot \mathrm{kg}}{334\,\mathrm{kJ}} = 0{,}652\,\mathrm{g}.$$

(g) V koordinatnem sistemu pri (c) je z rdečo črto narisan graf, ki prikazuje predvidevanje o spreminjanju temperature zmesi. Temperatura zmesi se vedno položneje (počasneje) približuje temperaturi okolice T_o. Upoštevana je tudi dodatna meritev pri (b).

(h) V koordinatnem sistemu pri (c) je z modro črto narisan graf, ki prikazuje predvidevanje o spreminjanju temperature zmesi, če bi bil koeficient K pol manjši. Pol manjši K pomeni, da pri enaki razliki temperatur in v enakem času zmes v lončku iz okolice prejema pol manjši toplotni tok, kar pomeni, da se taljenje ledu in segrevanje odvija počasneje. Tako kot je bilo pri poskusu stanje zmesi ob času t_1, bi bilo ob pol manjšem K ob času približno $2 \cdot t_1$.

Ukrepi, s katerimi bi lahko zmanjšali K:

- Lonček dodatno izoliramo (ovijemo ga s toplotnim izolatorjem), poskus izvajamo v kalorimetru ali kaj podobnega.
- Lonček pokrijemo s pokrovom, da preprečimo segrevanje skozi gladino.
- Uporabimo lonček drugačne oblike, da je površina zmesi pri isti masi zmesi manjša (razmerje površine in prostornine sistema vpliva na ohlajanje ali segrevanje sistema).