



Izbor slovenske ekipe za EUSO 2013
Državno tekmovanje

26. januar 2013



Čas reševanja: 120 minut.

Dovoljeni pripomočki: računalno, ravnilo, kotomer, šestilo, kemični svinčnik, radirka.

Naloge

Na ta list *ne* pišite končnih odgovorov. Uporabite *ocenjevalno polo*.
Vsak rezultat mora imeti pravilno enoto in primerno število veljavnih mest.

Konstante

$$N_A = 6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$c \equiv 299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$$

$$\mu_0 \equiv 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ V s A}^{-1}\text{m}^{-1}$$

$$\sigma = 5,67037 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-4}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$R = 8,31446 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

$$e_0 = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

$$\epsilon_0 \equiv \mu_0^{-1}c^{-2} \approx 8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ As V}^{-1}\text{m}^{-1}$$

$$m_u = 1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{voda}, 0^\circ\text{C}} = 999,84 \text{ kg m}^{-3}$$

$$F = 96\,485 \text{ As mol}^{-1}$$

$$G = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}\text{s}^{-2}$$

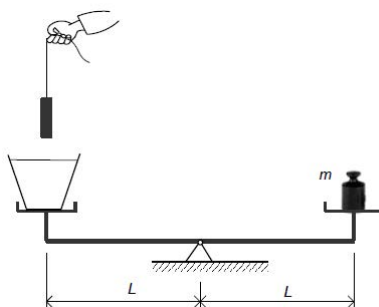
$$h = 6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$k_B = 1,38065 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

$$V_{\text{krogla}} = \frac{4}{3} \pi r^3; S_{\text{krogla}} = 4\pi r^2$$

Periodni sistem elementov najdete na zadnji strani.

1. Na sliki je preprost model prevesne tehtnice. Tehtnica sestoji iz lahke prečke in dveh skodelic. V skodelici na levem kraku je lahka posoda, ki je delno napolnjena z vodo. V skodelici na desnem kraku je utež z maso $m = 100 \text{ g}$, ki tehtnico uravnoveša. Dolžina vsakega kraka tehtnice znaša $L = 20 \text{ cm}$.



1.1 V vodo potopimo na lahki vrvi obešen kvader z maso $m_k = 54 \text{ g}$. Ko je kvader popolnoma potopljen, miruje in se ne dotika posode. Tehtnica sedaj ni več v ravnovesju. Znova jo uravnovesimo tako, da v eno izmed skodelic položimo utež z maso $m_1 = 20 \text{ g}$. **V katero skodelico tehtnice moramo postaviti utež, da je tehtnica spet v ravnovesju?** Kvader pri tem ves čas ostaja popolnoma potopljen, a se ne dotika posode. **Določite gostoto kvadra, ki je potopljen v vodi.** (4 TOČKE)

1.2 Neuravnovešeno tehtnico iz zgornjega primera lahko uravnovesimo tudi tako, da premaknemo točko, kjer je podprta prečka tehtnice. **Na kolikšni razdalji od leve skodelice mora biti podprta prečka, da bo tehtnica spet v ravnovesju?** (5 TOČKE)

1.3 Iz posode z vodo odstranimo kvader in posodo z vodo premaknemo z levega kraka prevesne tehtnice na precizno tehtnico. V posodo spustimo kroglico s prostornino 4 cm^3 , narejeno iz snovi z gostoto $8,9 \text{ g/cm}^3$. **Kolikšno maso pokaže tehtnica, ko kroglica miruje na dnu posode?** (2 TOČKI)



1.4 Preden kroglica iz prejšnjega vprašanja doseže dno posode, se zaradi upora skozi tekočino giblje premo enakomerno. **Kolikšno maso kaže tehtnica med enakomernim padanjem kroglice v vodi? Odgovor utemeljite.** (2 TOČKI)

2. Mount Everest (oziroma *Sagarmatha* v nepalsščini in *Chomolungma* v kitajščini) leži na nepalsko-kitajski meji v vzhodnem delu Himalaje. Z 8848 metri nadmorske višini predstavlja najvišjo goro na Zemlji in enega izmed največjih alpinističnih podvigov. Vsako leto se nanj v majskem in oktobrskem obdobju poda več deset odprav. Everest lahko osvojimo po dveh standardnih poteh. Z nepalske strani vodi klasična smer po jugovzhodnem grebenu, medtem ko je s kitajske strani najlažji pristop prek severnega grebena. Danes se bomo na goro povzpeli z nepalske strani.

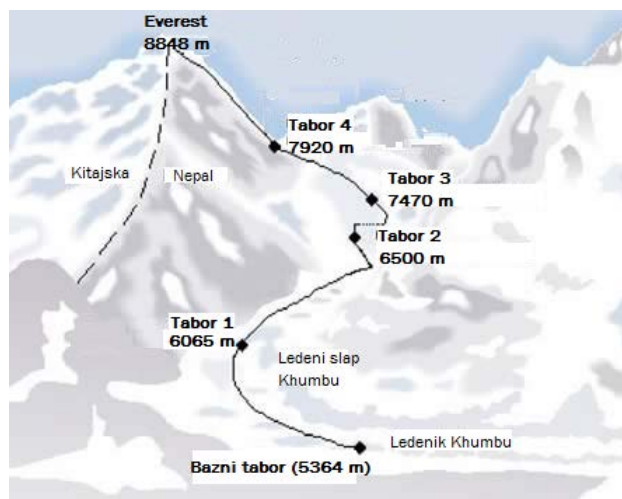
Odprava se prične v nepalskem glavnem mestu Katmandu (1338 m n. m.), kjer alpiniste pobere majhno letalo, ki jih pelje v mesto Lukla (2860 m n. m.). Od tam je dva dni hoda do Namče Bazarja (3750 m n. m.), glavnega mesta nepalske province Solukhumbu, v kateri leži tudi Everest. Pot jih nato vodi čez Tengboče (3867 m n. m.), Pangboče (3985 m n. m.), Dingboče (4530 m n. m.), Lobuč (4940 m n. m.), Gorak Shep (5164 m n. m.) do Baznega tabora (5364 m n. m.).

Že pri Lobučah alpinisti srečajo obrise prve prepreke, ki jim bo čez nekaj dni krojila pot proti vrhu. To je ledenik Khumbu, ki ima svoj jezik blizu Lobuč dobre tri kilometre pred Baznim taborom in se začneja pod Taborom 3.

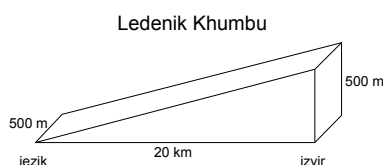
Sestava zraka naj bo konstantna in znaša v prostorninskih deležih 78 odstotkov N_2 , 21 odstotkov O_2 ter en odstotek Ar. Ostale sestavine so v zanemarljivih deležih. Vede naj se kot idealni plin. Tlak na posamezni višini bomo računali po barometrični enačbi,

$$p = p_0 \exp\left(\frac{-gM(h - h_0)}{RT_0}\right),$$

kjer so z indeksom 0 označene količine na referenčni točki (često je to morska gladina, kjer znaša zračni tlak 101325 Pa). M predstavlja molsko maso zraka, h nadmorsko višino, g gravitacijski pospešek in R splošno plinsko konstanto. Ker barometrična enačba predpostavlja konstantno temperaturo zraka, bomo v *barometrični enačbi* vsakokrat vzeli za povprečno temperaturo zraka $T_0 = -18^\circ\text{C}$.



2.1 Lednik Khumbu je dolg 20 kilometrov in v povprečju širok 500 metrov. Debelina ledu se vzdolž ledenika precej spreminja, zato predpostavimo, da na izviru ledenika znaša 500 metrov, na njegovem jeziku pa 0 metrov. Vmes naj linearno upada. **Izračunajte število molekul poltežke vode (H_2O) in število molekul težke vode (D_2O) v vsem ledu, ki je ujet v ledeniku.** Gostota ledu znaša 920 kg/m^3 , naravno molsko izotopsko razmerje H : D pa je 6400 : 1. (4 TOČKE)



2.2 Debela plast ledu v ledeniku ustvarja visok tlak. **Izračunajte, pri kateri temperaturi bi se zaradi lastnega pritiska talil led na dnu ledenika na njegovem izviru.** Predpostavite, da je gostota ledu nespremenljiva. Tlačno odvisnost zmrzišča vode podaja Clausius-Clapeyronova enačba, ki jo v integrirani obliki za fazni prehod med trdo in tekočo fazo zapišemo kakor

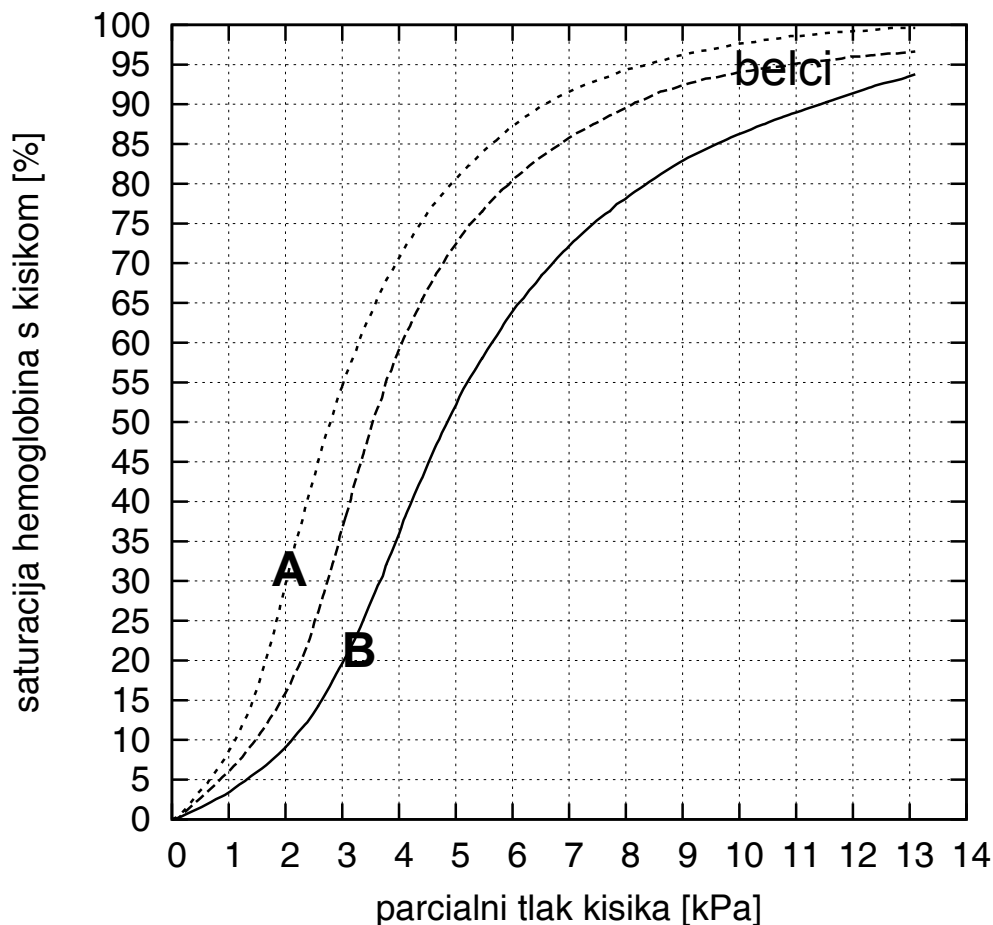
$$\frac{\Delta p}{T_2 - T_z} = \frac{\Delta H}{T_z \Delta V},$$

kjer je ΔH specifična entalpija za fazni prehod, ΔV sprememba molskega volumna (sprememba prostornine enega mol snovi) pri faznem prehodu, T_z temperatura zmrzišča vode pri normalnih pogojih in T_2 temperatura zmrzišča pri povešanem tlaku. Specifična talilna entalpija za vodo znaša $6,00 \text{ kJ/mol}$. (3 TOČKE)

2.3 Na poti iz Baznega tabora (5364 m n. m.) v Tabor 1 morajo alpinisti preplezati ledeni slap ledenika Khumbu. Na koncu tega nevarnega odseka poti jih čaka Tabor 1 (6065 m n. m.). Taboru 1 sledi pot čez Zahodno globel, v kateri je zaradi kupolaste oblike podnevi precej vroče. Na koncu Zahodne globeli najdemo Tabor 2 (6500 m n. m.), kjer je temperatura zraka kar +20 °C. **Izračunajte vsoto translacijske kinetične energije vseh molekul zraka, ki so v enem kubičnem metru zraka na višini Tabora 2 pri tamkajšnjem tlaku in temperaturi.** (3 TOČKE)

2.4. Da alpinisti dosežejo Tabor 3, morajo premagati strmo steno Lhotseja, ki se dviguje pod povprečnim kotom 30°, česar ne morejo storiti brez derez. **Koliko bi moral znašati koeficient lepenja med čevljem in podlago, da bi alpinist brez derez lahko obstal na takšnem klancu?** (2 TOČKI)

2.5 Zadnja postojanka na poti proti vrhu je Tabor 4 (7920 m n. m.) na Južnem sedlu. Do tja alpinisti prispejo, ko preplezajo Ženevsko raz in Rumeni pas. Ta nadmorska višina je že v coni smrti, ki si je to poimenovanje prislužila, ker je kisika tam tako malo, da se človeško telo ne more več aklimatizirati ali regenerirati. Hemoglobina v krvi namreč pri nižjih parcialnih tlakih kisika veže manj kisika, zato mora človeško telo izvesti številne prilagoditve, kar imenujemo aklimatizacija. **Z grafa odčitajte, koliko bi pri neaklimatiziranem belcu znašala saturacija hemoglobina s kisikom na višini Tabora 4.** (3 TOČKE)



2.6 Šerpe imajo številne prilagoditve telesa na nižji parcialni tlak kisika. **Kateri izmed zgornjih grafov (A ali B) opisuje lastnosti hemoglobina pri šerpah? Kako visoko bi se lahko dvignil dobro pripravljen šerpa, da bi še vedno imel enako saturacijo hemoglobina s kisikom v krvi?** (3 TOČKE)

2.7 Tik pod vrhom alpinista zajame nevihta, zato poišče zatočišče v bližnji niši. Da bi pri zunanji temperaturi -40 °C v okolico s *sevanjem in prevajanjem* izgubljal čim manj toplote, se zvije v klobčič, tako da ga moremo obravnavati kakor kroglo. Alpinist tehta 70 kg, večino njegovega telesa pa sestavlja voda. Oblečen je v 15 cm debelo plast oblačil, ki imajo toplotno prevodnost 0,025 W/(m·K) in albedo črnega telesa. **Izračunajte, koliko gramov glukoze bi porabil vsako sekundo za vzdrževanje normalne telesne temperature v teh pogojih.** Specifična sežigna entalpija glukoze (C₆H₁₂O₆) znaša 2800 kJ/mol. *Bruto* izsevan toplotni tok opisuje Stefanov zakon

$$P = \sigma ST^4,$$

kjer je S površina telesa, σ Stefanova konstanta in T temperatura telesa. Ne pozabite, da tudi okolica zaradi svoje temperature seva nazaj v telo. Toplotni tok skozi krogelno lupino z zunanjim polmerom r_2 in notranjim polmerom r_1 se izračuna kakor

$$P = \frac{4\pi\lambda r_1 r_2 \Delta T}{r_2 - r_1},$$

kjer je λ toplotna prevodnost.

(4 TOČKE)

2.8 Vrh Mount Everesta je na nadmorski višini 8848 metrov in ponuja osupljiv razgled. **Kako oddaljeno je po ravni črti obzorje od vrha Mount Everesta?** Predpostavite, da je obzorje na nadmorski višini 0 m in da vrhovi v okolici ne motijo pogleda. Polmer Zemlje znaša 6370 km. (2 TOČKI)

2.9 **Izračunajte prostorninski delež dušikovega(II) oksida v zraku na vrhu pri temperaturi -40 °C.** Dušikov(II) oksid nastaja z ravnotežno reakcijo pri spajanju kisika in dušika. Pri temperaturi $T_1 = 1000$ K znaša konstanta ravnotežja $K_{p,1} = 7,71 \cdot 10^{-9}$, standardna *tvorbena* entalpija NO pa je 90,29 kJ/mol. Odvisnost konstante ravnotežja od temperature podaja van't Hoffova enačba kakor

$$\ln \left(\frac{K_{p,2}}{K_{p,1}} \right) = \frac{-\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right),$$

kjer je ΔH standardna *reakcijska* entalpija, R splošna plinska konstanta, K in T pa ravnotežni konstanta in temperatura v stanjih 1 in 2. (7 TOČK)

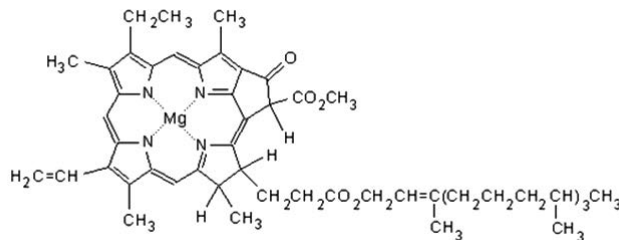
BELEŽKE.

3. Fotosinteza je proces, v katerem fotoavtotrofni organizmi spremenijo svetlobno energijo v kemijsko energijo, vezano v organskih snoveh.

3.1 V celicah katerih živih bitij poteka fotosinteza, pri kateri se sprošča kisik (O₂)? Obkrožite vse pravilne odgovore. (2 TOČKI)

- A. V celicah termofilnih arhej.
- B. V celicah modrozelenih bakterij.
- C. V celicah gliv, ki tvorijo lišaje.
- Č. V celicah debela smreke.
- D. V celicah rjave alge bračiča.
- E. V celicah korenine vrtnice.
- F. V celicah alge morske solate.
- G. V celicah cvetnih listov navadnega zvončka.

3.2 Za potek fotosinteze je ključna svetlobna energija. Fotosintetskim organizmom omogočajo absorpcijo svetlobne energije fotosintezna barvila. Shema prikazuje glavno fotosintezno barvilo klorofil a.



Glede na malenkostne spremembe v zgradbi molekule na sliki ločimo različne oblike glavnega fotosinteznega barvila: klorofil b, klorofil c₁, klorofil c₂, klorofil d in klorofil f. **Kaj je posledica prisotnosti različnih oblik klorofila za proces fotosinteze?** Obkrožite pravilni odgovor. (1 TOČKA)

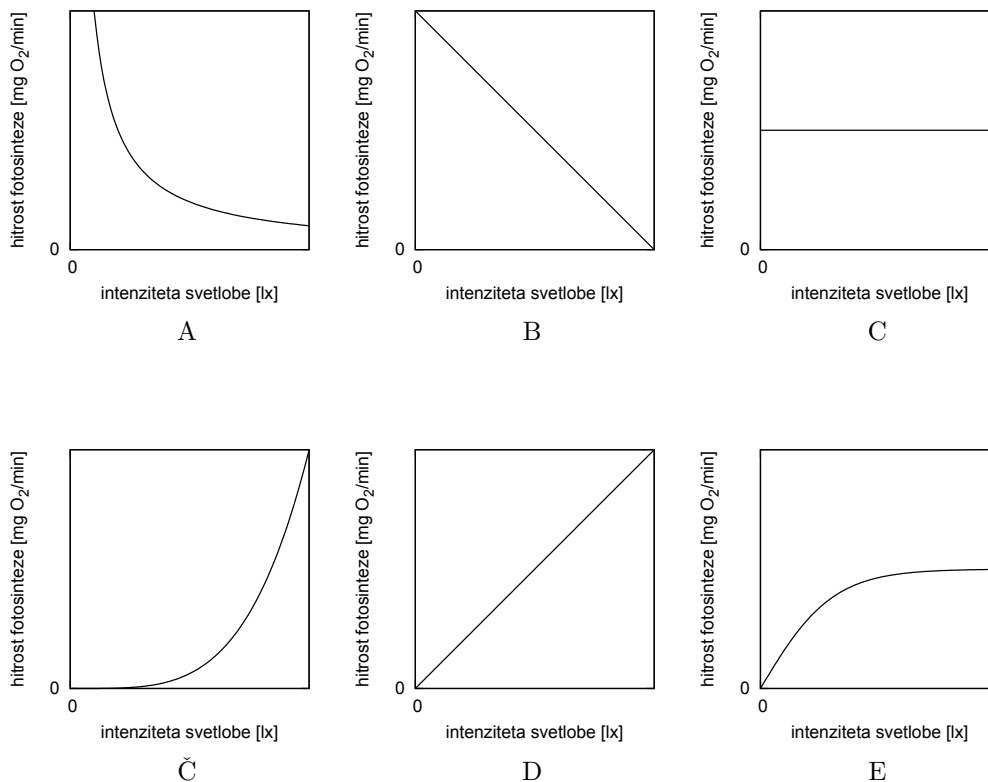
- A. Svetlobne reakcije lahko potekajo tudi v temi.
- B. Končni produkt fotosinteze je lahko drugačen.
- C. Različne molekule barvil lahko vežejo več CO₂.
- Č. Absorpcijski spekter fotosinteznega barvila je drugačen.
- D. Temperatura, pri kateri poteka fotosinteza, je lahko višja.

3.3 Rastlinam je na razpolago samo 45 % vse svetlobe, ki doseže zemeljsko površino. Od tega lahko klorofil absorbira samo 11 % svetlobe. **Učinkovitost absorpcije bi bila pri rastlinah višja, če bi se v evoluciji razvile prilagoditve, pri katerih bi rastline vsebovale:** (1 TOČKA)

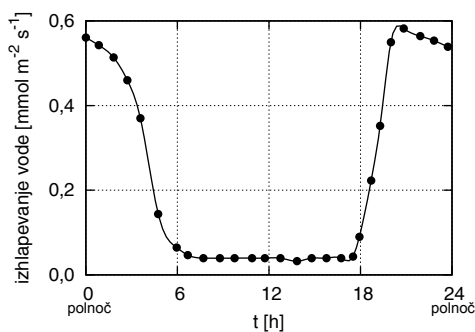
- A. bela fotosintezna barvila;
- B. črna fotosintezna barvila;
- C. modra in rdeča fotosintezna barvila;
- Č. samo barvila, ki absorbirajo v modrem in rdečem delu spektra;
- D. samo fotosintezna barvila, ki absorbirajo v zelenem delu spektra.

(Obkrožite pravilni odgovor.)

3.4 Na potek fotosinteze vpliva več dejavnikov. **Kateri izmed grafov pravilno prikazuje vpliv svetlobe na hitrost fotosinteze, če so vsi ostali dejavniki za rastlino optimalni (temperatura, koncentracija CO_2 , preskrba z vodo in anorganskimi snovmi)?** (1 TOČKA)



3.5 Znanstveniki so preučevali izhlapevanje vode skozi listne reže pri predstavnici družine mlečkovk. Listne reže rastlinam omogočajo izmenjavo plinov in oddajanje vode - transpiracijo. Na ta način poteka 95 % izmenjave plinov in transpiracije. Rastlina, pri kateri so merili količino vode, ki je izhlapela skozi listne reže, je bila izpostavljena optimalni temperaturi; prav tako je bila optimalna preskrba z vodo in anorganskimi snovmi. Rezultate poskusa prikazuje spodnji diagram.



Glede na rezultate poskusa in svoje znanje o procesu fotosinteze na ocenjevalni poli obkrožite, ali je posamezna zapisana trditev pravilna ali napačna. (4,5 TOČKE)

- A. Fotosinteza poteka samo v času od polnoči do 6. ure in od 18. ure do polnoči.
- B. Rastlina lahko ponoči oddaja presežek kisika, ki sočasno nastaja v procesu fotosinteze.
- C. Od 6. do 12. ure rastlina za proces celičnega dihanja porablja samo kisik, ki sočasno nastaja v procesu fotosinteze.
- Č. V času, ko poteka fotosinteza, rastlina sprejema CO_2 iz okolja.
- D. Rastlina lahko izloča kisik v ozračje samo podnevi.
- E. Rastlina lahko sprejema CO_2 iz okolja šest ur na dan.
- F. Rastlina ima čez dan reže zaprte.
- G. Rastlina ima reže zaprte od polnoči do 6. ure in od 18. ure do polnoči.
- H. Praviloma poteka fotosinteza takrat, ko ima rastlina zaprte listne reže.

3.6 Spodnji sestavek opisuje peroksisome in njihovo vlogo v rastlinski celici, tudi v procesu fotosinteze. Sestavek natančno preberite.

Zgradba in nastanek peroksisomov

Peroksisomi so celični organeli, obdani z enojno membrano. Ker nimajo lastnega genoma in ribosomov, vse beljakovine organela (peroksine) kodira jedrni genom. Njihovo ime izhaja iz dejstva, da vedno vsebujejo enega ali več encimov, ki izkoriščajo molekularni kisik za dehidrogenacijo organskih molekul, stranski produkt reakcije pa je vodikov peroksid (peroksidacija). Peroksisomi, podobno kot mitohondriji, kloroplasti in endoplazemski retikel, nastajajo z delitvijo organela. Ena izmed hipotez razlaga, da so peroksisomi ostanek pradavnih organelov. Ko se je začel v atmosferi kopičiti kisik kot produkt fotosintetskih bakterij, je bil močno strupen za večino takratnih celic. Peroksisomi naj bi takrat skrbeli za uravnavanje znotrajcelične koncentracije kisika, obenem pa so izkoristili kisikovo kemično reaktivnost za potek "koristnih" oksidativnih reakcij. Poznejši razvoj mitohondrijev, v katerih so se podobne reakcije, kot potekajo v peroksisomih, združile s tistimi, ki so omogočile nastanek ATP, je bil verjetno vzrok, da se peroksisomi evolucijsko dalje niso razvijali.

Vloga peroksisomov v celicah

Pomembnejša funkcija peroksisomov je oksidacija organskih molekul (npr. maščobnih kislin, aminokislin), poleg tega še razgradnja toksičnega vodikovega peroksida (H_2O_2), in sinteza določenih lipidov, pri rastlinah pa so udeleženi v gliksilatnem ciklu v semenih in fotorespiraciji v listih.

Peroksisomi za oksidacijo izkoriščajo molekularni kisik in H_2O_2 . Katalaza izkorišča H_2O_2 , ki nastane v organelu s pomočjo drugih encimov, za oksidacijo mnogih drugih spojin (npr. fenolov, mravljinčne kisline, formaldehida in alkohola). Take vrste reakcij so pomembne v jetrih, kjer se razgradi večina toksičnih molekul, ki jih v jetra prinese kri. Približno 25 % alkohola, ki ga spijemo, se oksidira do aldehydov s peroksidacijo. Najpomembnejše oksidativne reakcije, ki potekajo v peroksisomih, so reakcije razgradnje maščobnih kislin, ki jih imenujemo β -oksidacija maščobnih kislin. Dolge alkilne verige maščobnih kislin se v enem ciklu β -oksidacije skrajšajo za dva ogljikova atoma, ki je pretvorjen v acetil koencim A. V celicah sesalcev poteka β -oksidacija v mitohondrijih in v peroksisomih, v kvasovkah in rastlinskih celicah pa samo v peroksisomih.

Vloga peroksisomov v rastlinskih celicah

V rastlinskih celicah ločimo dva tipa peroksisomov. Prvi je v celicah listov, kjer katalizira oksidacijo v ključnih reakcijah fotorespiracije. V tem procesu se namesto CO_2 na encim rubisco veže O_2 . Fotorespiracija poteka predvsem takrat, kadar so parcialni tlaki CO_2 v tkivih zelo nizki (zaprte reže, visoke temperature). Fotorespiracija namesto v sintezo dveh C3 molekul po fiksaciji CO_2 vodi, v sintezo ene C3 molekule (glicerat) in ene C2 molekule (glikolat), saj se je na rubisco namesto CO_2 vezal O_2 . Glikolat nato potuje iz kloroplastov v peroksisome, kjer se naprej pretvarja v glicin, ki potuje nato v mitohondrije, kjer se pretvarja v serin, serin pa potuje nazaj v peroksisome, kjer se naprej pretvarja v glicerat, ki kot substrat zopet vstopa v Calvinov cikel. C2 cikel rastlinam omogoča delno povrnitev izgubljenega ogljika, hkrati pa omogoča odvajanje odvečne energije iz sistema v stresnih razmerah (suša, visoke temperature).

Drugi tip peroksisomov najdemo v kalečih semenih, kjer imajo pomembno vlogo v pretvarjanju maščobnih kislin v semenih rastlin v sladkorje, ki jih mlada rastlina potrebuje za rast. Vrsto reakcij, ki omogoča topretvorbo, poznamo pod imenom gliksilatni cikel, zato to vrsto peroksisomov imenujemo gliksisomi. V gliksilatnem ciklu se dve molekuli acetil koencima A, ki nastaneta pri razgradnji maščobnih kislin v peroksisomu, porabita za sintezo sukcinilne kisline. Ta zapusti peroksisom in se v citosolu spremeni v glukozo. Gliksilatni cikel v živalskih celicah ne poteka, zato živali maščobnih kislin ne morejo pretvarjati v ogljikove hidrate.

Glede na podatke v prebranem tekstu in svoje znanje o zgradbi in delovanju celice na ocenjevalni poli obkrožite, ali je posamezna zapisana trditev pravilna ali napačna. (6,5 TOČKE)

- A. Peroksisomi so značilni tako za evkariontske kot za prokariontske celice.
- B. Po zgradbi so peroksisomi zelo podobni mitohondrijem, saj sintetizirajo lastne beljakovine.
- C. Prvotni kisik na Zemlji je nastajal kot rezultat razgradnje H_2O_2 v peroksisomih.
- Č. V peroksisomih nastaja ATP.
- D. Oksidacija alkohola v jetrnih celicah poteka v peroksisomih.
- E. Vir kisika za oksidacijo alkohola v peroksisomih je lahko H_2O_2 .
- F. Oksidativna razgradnja maščobnih kislin poteka v vseh evkariontskih celicah v mitohondrijih in peroksisomih.
- G. Encim rubisco je prisoten v kloroplastih in peroksisomih.
- H. Encim rubisco lahko veže dva različna substrata.
 - I. Kadar je koncentracija CO_2 v rastlinskih celicah nizka, veže rubisco kisik.
 - J. Zaradi fotorespiracije nastaja v procesu fotosinteze manj glukoze.
- K. Pri rastlinah in živalih se lahko v peroksisomih sintetizira tudi glukosa.
- L. Peroksisomi imajo dvojno membrano.

