|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. | Prikazane su Fischerove projekcijske formule molekula D-glukoze (D-Glu) i D-fruktoze (D-Fru), dva od četiriju karbonilnih spojeva koje ćete koristiti u pokusu.    **1.a)** Odredi apsolutne konfiguracije na svim kiralnim ugljikovim atomima molekule D-Glu.    za svaku točno određenu konfiguraciju 0,5 bodova 4 × 0,5 = 2 boda  **1.b)** Imenuj D-Glu prema pravilima nomenklature IUPAC.   |  | | --- | | (2*R*,3*S*,4*R*,5*R*)-2,3,4,5,6-pentahidroksiheksanal |   za točno ime koje uključuje stereodeskriptore 1 bod  **1.c)** Kojoj vrsti izomera pripadaju D-Glu i D-Fru?   |  | | --- | | konstitucijski izomeri |   0,5 bodova  **1.d)** Prikazana je Haworthova prijekcijska formula molekule D-Fru.    **i)** Na temelju Haworthova prikaza molekule D-Fru odredi najveći mogući broj stereoizomera.   |  | | --- | | 16 stereoizomera |   1 bod  **ii)** Na Fischerovoj projekcijskoj formuli molekule D-Fru zaokruži one funkcijske skupine čijom kemijskom reakcijom nastaje ciklički oblik molekule prikazan Haworthovom prijekcijskom formulom.    za zaokruženu karbonilnu skupinu (C=O) 0,5 bodova  za zaokruženu hidroksilnu skupinu (OH) 0,5 bodova | | |
|  |  | **ostv.** | **maks.**  **5,5** |

|  |
| --- |
| **OPIS POKUSA**  U epruvetama s oznakama **A1**-**A4**, **B1**-**B4**, **C1**-**C4** i **D1**-**D4** nalaze se vodene otopine glukoze, fruktoze, odabranoga aldehida i odabranoga ketona.  CILJ POKUSA: Nakon provedenoga pokusa, zabilježenih opažanja te na temelju dodatnih pitanja i zadataka otkriti u kojoj se od epruveta, **A**, **B**, **C** ili **D**, nalaze karbonilni spojevi korišteni u pokusu.  PRIBOR: stalak, 17 epruveta (epruvete s oznakama **A1**-**A4**, **B1**-**B4**, **C1**-**C4**, **D1**-**D4**, **L**), staklena čaša, 7 plastičnih bočica za dokapavanje, 1 plastična bočica, spatula  KEMIKALIJE: razrijeđene otopine glukoze, fruktoze, odabranoga aldehida i odabranoga ketona, otopina naft-1-ola u etanolu, konc. sumporna kiselina, rezorcinol, konc. klorovodična kiselina, otopina Fehling I, otopina Fehling II, Lugolova otopina, natrijeva lužina  MJERE OPREZA: Tijekom pokusa potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama.  **NAPOMENA 1: U Tablicu 1. upiši oznaku + za one epruvete u kojima dolazi do vidljive promjene sadržaja (boja, taloženje), odnosno – za one u kojima nema promjene, kako je dodatno pojašnjeno**  **u pojedinim koracima pokusa.**  **NAPOMENA 2: Prije 2. koraka pokusa zamoli profesora da donese vruću vodu.**  **Korak 1.** U epruvete s oznakama **A1**, **B1**, **C1** i **D1** dodaj 2 kapi otopine naft-1-ola u etanolu i protresi sadržaj epruveta. Zatim pažljivo u svaku epruvetu uz stijenku dodaj 20 kapi sumporne kiseline i bez miješanja sadržaja odloži epruvete u stalak. Pričekaj 3 – 4 minute, promotri sadržaj epruveta (ne protresati epruvete!) i upiši u Tablicu 1 oznaku + za one epruvete u kojima dolazi do promjene na dnu epruvete ili – za one epruvete u kojima promjena izostaje (napomena 1).  **Korak 2.** U epruvete s oznakama **A2**, **B2**, **C2** i **D2** dodaj na vrh spatule rezorcinol te 5 kapi klorovodične kiseline. Protresi sadržaj epruveta, uroni ih u čašu s vrućom vodom i ostavi stajati 5 minuta. Promotri sadržaj epruveta i upiši u Tablicu 1 oznake + ili – prema napomeni 1. Vrati epruvete na stalak na mjesto na kojem su prethodno bile.  **Korak 3.**  3a) U bočicu s otopinom Fehling I prelij otopinu označenu kao Fehling II (ukupni sadržaj bočice). Začepi bočicu i lagano promiješaj sadržaj. Tako pripremljena otopina naziva se Fehlingov reagens i karakteristično je obojena. Upiši boju otopine u Tablicu 1.  3b) U svaku od epruveta s oznakama **A3**, **B3**, **C3** i **D3** dodaj do oznake na epruveti (donja linija) pripremljeni Fehlingov reagens. Protresi sadržaj epruveta, uroni ih u čašu s vrućom vodom i ostavi stajati 5 minuta. Promotri sadržaj epruveta i upiši u Tablicu 1 oznaku + za one epruvete u kojima se izgubila karakteristična boja Fehlingova reagensa ili – za one epruvete u kojima se boja Fehlingovog reagensa zadržala (napomena 1). Vrati epruvete na stalak na mjesto na kojemu su prethodno bile.  **Korak 4.**  4a) U epruvetu s oznakom **L** u kojoj se nalazi Lugolova otopina dodaj 5 kapi natrijeve lužine. Protresi sadržaj epruvete, uroni je u čašu s vrućom vodom i ostavi stajati 5 minuta. Uoči promjenu boje Lugolove otopine i upiši boju otopine u Tablicu 1.  4b) U epruvete s oznakama **A4**, **B4**, **C4** i **D4** dodaj Lugolovu otopina do oznake na epruveti (donja linija) i lagano protresi sadržaj epruveta. Nakon toga u svaku epruvetu dodaj 5 kapi natrijeve lužine. Protresi sadržaj epruveta, uroni ih u čašu s vrućom vodom i ostavi stajati 5 minuta. Promotri sadržaj epruveta i upiši u Tablicu 1 oznaku + za one epruvete u kojima je promjena različita od promjene dobivene u epruveti s oznakom **L** nakon provedenog koraka 4a) ili – za one epruvete čiji je sadržaj jednako obojen kao sadržaj epruvete **L** nakon provedenog koraka 4a) (napomena 1). Vrati epruvete na stalak na mjesto na kojemu su prethodno bile. |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tablica 1.**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | |  | **A1-A4** | **B1-B4** | **C1-C4** | **D1-D4** | | **Korak 1** | + | – | – | + | | **Korak 2** | + | – | – | – | | **Korak 3a)** | plava boja otopine | | | | | **Korak 3b)** | + | + | – | + | | **Korak 4a)** | bezbojna otopina | | | | | **Korak 4b)** | – | – | + | – |   za točno upisane oznake + i – u koracima 1, 2, 3b) i 4b) 4 × 1 = 4 boda  za točno upisane boje otopina 2 × 0,5 = 1 bod | | |
|  | **ostv.** | **maks.**  **5** |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2. | U 1. koraku pokusa proveden je Molischev test koji služi za dokazivanje prisutnosti ugljikohidrata u uzorku.  **2.a)** Opiši riječima promjenu (boja, talog) uočenu na dnu odgovarajuće epruvete / odgovarajućih epruveta nakon provedenoga 1. koraka pokusa.   |  | | --- | | nastaje ružičasto (ljubičasto) obojenje na dnu epruvete |   0,5 bodova  **2.b)** U opisanoj reakciji dolazi do dehidratiranja D-Glu i D-Fru u kiselim uvjetima nakon čega produkt dehidratiranja reagira s naft-1-olom, pri čemu nastaje obojeni produkt. Dehidratiranje je shematski prikazano na primjeru molekule D-Glu.    Koliko se molekula vode izdvoji dehidratiranjem jedne molekule D-Glu?   |  | | --- | | 3 molekule vode |   0,5 bodova  **2.c)** Strukturnom formulom prikaži molekulu produkta koji bi nastao dehidratiranjem prikazanoga monosaharida D-ksiloze u kiselim uvjetima.    1 bod  **2.d)** Pažljivim odabirom oksidansa i kontroliranjem reakcijskih uvjeta moguće je nastajanje različitih produkata oksidacije 5-(hidroksimetil)furfurala, čija je strukturna formula prikazana u zadataku **2.b)**. Strukturnim formulama prikaži molekule svih mogućih produkata oksidacije 5-(hidroksimetil)furfurala s istim brojem atoma ugljika kao i 5-(hidroksimetil)furfural.    za svaku strukturnu formulu 0,5 bodova 4 × 0,5 = 2 boda | | |
|  |  | **ostv.** | **maks.**  **4** |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 3. | U 2. koraku provedena je reakcija po Selivanovu, koja služi za dokazivanje prisutnosti ketoza u uzorku.  **3.a)** Opiši riječima promjenu boje uočenu u odgovarajućoj epruveti / odgovarajućim epruvetama nakon provedenoga 2. koraka pokusa.   |  | | --- | | nastaje ružičasto obojena otopina |   0,5 bodova  **3.b)** Prikaži Fischerovom projekcijskom formulom molekulu L-izomera ketoze korištene u pokusu.    1 bod | | |
|  |  | **ostv.** | **maks.**  **1,5** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4. | U 3. koraku proveden je Fehlingova reakcija koja služi za dokazivanje prisutnosti aldehida / reducirajućih šećera u uzorku.  **4.a)** Opiši riječima promjenu (boja, talog) uočenu na dnu odgovarajuće epruvete / odgovarajućih epruveta nakon provedenoga 3. koraka pokusa.   |  | | --- | | nastajanje taloga |   0,5 bodova   |  | | --- | | crvenkasto-smeđa boja taloga |   0,5 bodova  **4.b)** Fehlingova je reakcija oksidacijsko-redukcijska promjena. Napiši jednadžbe polureakcija oksidacije i redukcije te ukupnu jednadžbu reakcije koristeći se općenitim zapisom molekule aldehida, RCHO.   |  | | --- | | redukcija: RCHO + 3 OH– → RCOO– + 2 e– + 2 H2O |   1 bod   |  | | --- | | oksidacija: 2 Cu2+ + 2 e– + 2 OH– → Cu2O + H2O |   1 bod   |  | | --- | | ukupna jednadžba: RCHO + 2 Cu2+ + 5 OH– → RCOO– + Cu2O + 3 H2O |   0,5 bodova  **4.c)** Napiši sustavno ime spoja čijim je otapanjem u vodi dobivena otopina označena kao Fehling I, a od kojega potječe karakteristično obojenje otopine.   |  | | --- | | bakrov(II) sulfat pentahidrat |   0,5 bodova  **4.d)** Otopina označena kao Fehling II sadržava kalijev natrijev L-(+)-tartarat, sol L-(+)-vinske kiseline  (2,3-dihidroksibutanske dikiseline), otopljen u vodenoj otopini natrijeva hidroksida. Prikaži Fischerovim projekcijskom formulom molekulu L-(+)-vinske kiseline.    1 bod |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **4.e)** Kalijev natrijev L-(+)-tartarat prisutan u otopini Fehling II sprječava neželjenu kemijsku reakciju koja bi nastala miješanjem otopina Fehling I i Fehling II bez dodatka navedene soli. Jednadžbom kemijske reakcije opiši promjenu koja bi se odvijala miješanjem navedenih otopina u odsutnosti kalijeva natrijeva L-(+)-tartarata. Navedi agregacijska stanja reaktanata i produkata.   |  | | --- | | 2 NaOH(aq) + CuSO4(aq) → Cu(OH)2(s) + Na2SO4(aq) |   za pravilno izjednačenu jednadžbu kemijske reakcije 1 bod  za točna agregacijska stanja 0,5 bodova  **4.f)** Pozitivnu reakciju s Fehlingovim reagensom mogu dati ne samo aldoze nego i ketoze koje se mogu izomerizirati u aldoze. Prvi korak pri izomerizaciji prikazan je na odabranome primjeru.    Prikaži strukturnom formulom oblik molekule fruktoze nastao u prvome koraku pri njezinoj izomerizaciji. (Fruktoza je prikazana u pojednostavnjenome zapisu.)    1 bod  **4.g)** U baznim uvjetima Fehlingove reakcije fruktoza je u ravnoteži s odgovarajućim aldozama koje daju pozitivan test s Fehlingovim reagensom. Navedi ime jedne od aldoza koristeći se nomenklaturom uobičajenom za monosaharide.   |  | | --- | | glukoza (D-glukoza) ili manoza (D-manoza) |   0,5 bodova | | |
|  |  | **ostv.** | **maks.**  **8** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5. | U 4. koraku provedena je haloformna reakcija koja služi za dokazivanje prisutnosti ketona kod kojih je na karbonilnu skupinu najmanje s jedne strane vezana metilna skupina (metil-keton) u uzorku.  **5.a)** Opiši riječima promjenu (boja, talog) uočenu u odgovarajućoj epruveti / odgovarajućim epruvetama nakon provedenoga 4. koraka pokusa.   |  | | --- | | nastajanje taloga |   0,5 bodova   |  | | --- | | žuta boja taloga |   0,5 bodova  **5.b)** Prikazana su dva koraka 1. stupnja haloformne reakcije na općenito zapisanome metil-ketonu u lužnatim uvjetima.    Prikaži strukturnim formulama međuprodukt **A** i produkt **B** koji nastaju u 2. stupnju haloformne reakcije u lužnatim uvjetima.     |  |  | | --- | --- | |  |  |   2 × 1 = 2 boda  **5.c)** Prikaži strukturnom formulom molekulu organskoga produkta nakon 3. stupnja haloformne reakcije.    1 bod  **5.d)** Posljednji 4. stupanj haloformne reakcije može se prikazati na sljedeći način, pri čemu Nu predstavlja nukleofil, vrstu bogatu elektronima, a Z izlaznu skupinu:    U ovoj reakciji nukleofil je OH¯, a jedan od organskih produkata jodoform (trijodmetan) nastao protoniranjem izlazne skupine. Prikaži klinastim prikazom strukturnu formulu molekule jodoforma (**I**) i općenitom formulom strukturu drugoga organskog produkta haloformne reakcije u lužnatim uvjetima (**II**).   |  |  | | --- | --- | |  |  | | **I** | **II** |   2 × 1 = 2 boda | | |
|  |  | **ostv.** | **maks.**  **6** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 6. | Na temelju rezultata provedenih pokusa i odgovora na postavljena pitanja upiši pored oznaka **A**, **B**, **C** i **D** imena odgovarajućih kemijskih vrsta korištenih u ovome pokusu: glukoza, fruktoza, aldehid i metil-keton.   |  | | --- | | **A:** fruktoza | | **B:** aldehid | | **C:** metil-keton | | **D:** glukoza |   4 × 0,5 = 2 boda | | |
|  |  | **ostv.** | **maks.**  **2** |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 7. | Za rješavanje struktura molekula metil-ketona i aldehida poslužit će nam spektroskopija nuklearne magnetske rezonancije (NMR), točnije protonska NMR spektroskopija (1H NMR) koja nam daje podatke o vodikovim atomima (protonima) u nekoj organskoj molekuli. Organski je uzorak tijekom snimanja izložen djelovanju radiovalnoga zračenja i magnetskoga polja. Nakon snimanja dobivamo spektre u kojima se pojavljuju signali koji se, između ostaloga, razlikuju svojim položajem u spektru (nalaze se na različitim kemijskim pomacima koji se navode kao *δ*-vrijednosti). Signali na višim *δ*-vrijednostima u 1H NMR spektru odgovaraju tzv. „otkrivenim” vodikovim atomima, a efekt otkrivanja, koji opada s udaljenošću, izazivaju elektronegativni atomi ili skupine, višestruke veze i sl. u susjedstvu promatranih vodikovih atoma (Tablica 2a). Signali vodikovih atoma mogu biti jednostavni, nazivamo ih singletima (s), no signali vodikovih atoma na susjednim atomima, uobičajno ugljikovim, međusobno se cijepaju u složenije signale, kako je prikazano u Tablici 2b). Kažemo da se razlikuju prema multipletnosti.  **Tablica 2.** a) Približne vrijednosti kemijskih pomaka (*δ*) odabranih atoma vodika i b) multipletnost signala   |  |  | | --- | --- | | a) | b) |   Promotri protonski NMR (1H NMR) spektar metil-ketona i odgovori na pitanja.    **7.a)** Koliko vrsta vodikovih atoma sadržava molekula metil-ketona?   |  | | --- | | tri vrste vodikovih atoma |   0,5 bodova |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **7.b)** Za svaki od signala iz 1H NMR spektra upiši njegovu multipletnost.   |  | | --- | | A: triplet |   0,5 bodova   |  | | --- | | B: singlet |   0,5 bodova   |  | | --- | | C: kvartet |   0,5 bodova  **7.c)** Upiši slovo koje odgovara signalu metilne skupine metil-ketona.   |  | | --- | | B |   0,5 bodova  **7.d)** Signal **A** odgovara trima ekvivalentnim vodikovim atomima (protonima) vezanima za isti atom ugljika. Na temelju multipletnosti toga signala navedi broj vodikovih atoma na susjednome atomu ugljika.   |  | | --- | | dva atoma vodika |   0,5 bodova  **7.e)** Signal vodikovih atoma označen slovom **C** na većem je kemijskom pomaku (veća *δ*-vrijednost), tj. otkriveniji od signala vodikovih atoma označenih slovom **A**. Kratko obrazloži razliku u kemijskom pomaku navedenih dviju vrsta vodikovih atoma.   |  | | --- | | Vodikovi atomi kojima odgovara signal **C** nalaze se bliže karbonilnoj skupini (elektronegativnom | | atomu kisika) od vodikovih atoma kojima odgovara signal **A,** pa zato imaju veći kemijski pomak | | (veća *δ*-vrijednost, otkriveniji su). |   1 bod  **7.f)** Na temelju analize 1H NMR spektra metil-ketona i molekulske formule metil-ketona C4H8O prikaži njegovu strukturnu formulu.    1 bod | | |
|  |  | **ostv.** | **maks.**  **5** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 8. | Aldehid korišten u pokusu konstitucijski je izomer metil-ketona. U njegovom 1H NMR spektru pojavljuju se tri signala. Navedeni su kemijski pomaci (*δ*-vrijednosti) i multipletnost pojedinih signala te broj atoma vodika kojima pojedini signal odgovara. Spektar je snimljen na instrumentu niže rezolucije pri kojoj nije vidljivo cijepanje s vodikovim atomom aldehidne (formilne) skupine, CHO.  *δ*-vrijednosti: 1,06 (d, 6H)  2,39 (septet, 1H)  9,57 (s, 1H).  **8.a)** Po uzoru na podatak naveden za aldehidnu (formilnu) skupinu, pored ostala dva podatka iz 1H NMR spektra navedi dijelove strukture molekule aldehida.   |  |  | | --- | --- | | 1,06 (d, 6H) | (CH3)2 |   1 bod   |  |  | | --- | --- | | 2,39 (septet, 1H) | CH |   1 bod   |  |  | | --- | --- | | 9,57 (s, 1H) | CHO |   **8.b)** Prikaži strukturnu formulu molekule aldehida korištenoga u pokusu.   |  | | --- | | (CH3)2CHCHO |   1 bod | | |
|  |  | **ostv.** | **maks.**  **3** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. stranica |  | 2. stranica |  | 3. stranica |  | 4. stranica |  |  |
|  | + |  | + |  | + |  | + |  |  |  | |
| 5. stranica |  | 6. stranica |  | 7. stranica |  | 8. stranica |  | **Ukupni bodovi** | | |
|  | + |  | + |  | + |  | = |  | **40** | | |