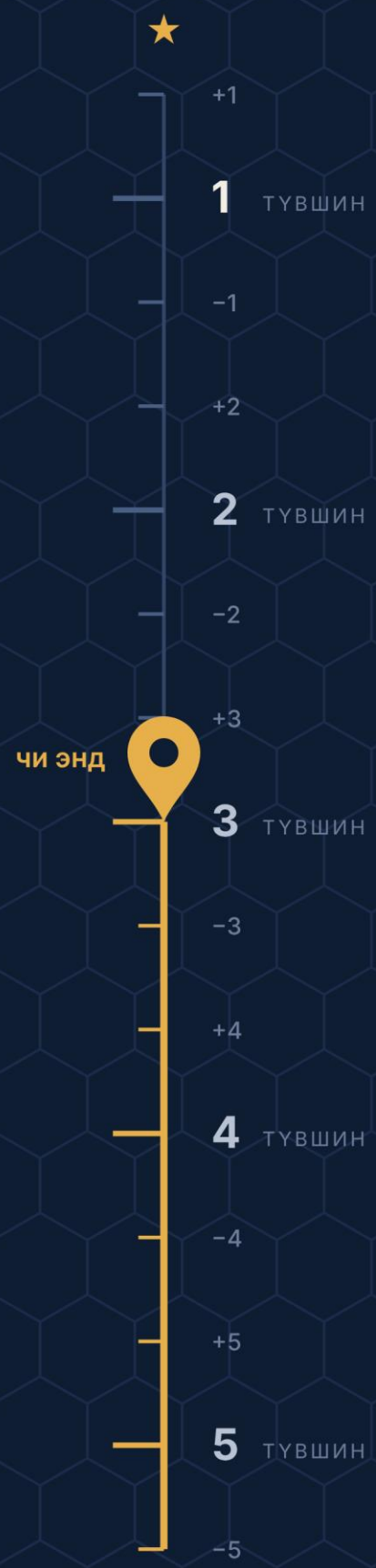
ХИМИЙН ОЛИМПИАД · ТҮВШИН ТОГТООХ

25 бодлого

Чи одоо хаана байна?

Олон улсын болон бүс нутгийн олимпиадын бодлогуудаас сонгосон, өөрийн түвшнээ тодорхойлоход зориулсан эмхэтгэл.



ЭМХЭТГЭСЭН

Мөнх-Энэрэл Батжаргал

Органик · Органик бус · Физик хими

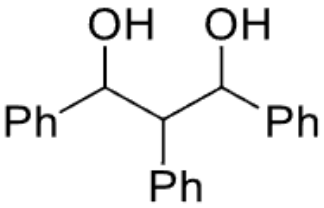
2026

Химийн бодлогын эмхэтгэл

Түвшин тогтоох 25 бодлого

Бодлого 1. 1,2,3-Трифенилпропан-1,3-диолын стереоизомерууд (Tier −5)

Эх сурвалж: ОУХО-ийн бэлтгэл бодлого, 2020, Турк (Бодлого 8)



1.1. 1,2,3-трифенилпропан-1,3-диолын боломжит бүх стереоизомерыг **зур**.

1.2. Ахираль бүх нэгдлийг **жагсааж бич**.

1.3. Хираль бүх нэгдлийг **жагсааж бич**.

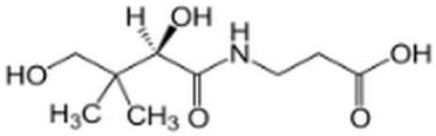
1.4. Дараах шинж чанар, аргуудын алийг нь ашиглан **1.3**-р асуултын хираль нэгдлүүдийг хооронд нь ялгаж болох вэ? Зөв хариулт бүрийг **сонго**.

- ☐ буцлах температур
- ☐ хэт ягаан туяаны (UV) спектроскопи
- ☐ хугарлын илтгэгч
- ☐ хайлах температур
- ☐ оптик эргүүлэлт
- ☐ диполь момент
- ☐ ахираль орчин дахь ЦСР спектроскопи
- ☐ нил улаан туяаны (IR) спектроскопи

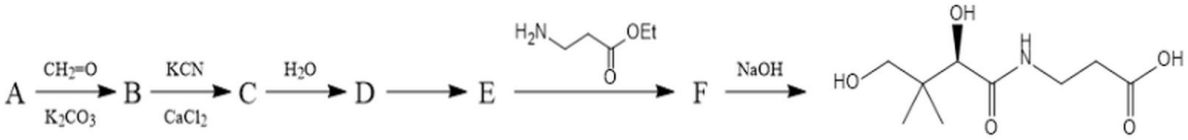
Бодлого 2. Витамин B5 (пантотений хүчил) (Tier −5)

Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт 2-р бодлого) · нийт 6 оноо

Пантотений хүчил нь усанд уусдаг В витаминуудын нэг юм. Пантотены хүчил нь пантойны хүчил ба β-аланины нийлбэр бөгөөд бараг бүх төрлийн хүнсэнд бага хэмжээгээр агуулагдаж байдаг. Уг витаминыг хүн ба амьтан хоол тэжээлээрээ дамжуулан заавал авах шаардлагатай ба биед орсноор коэнзим А нийлэгжүүлэх үндсэн бүрэлдэхүүн болдог. Коэнзим А нь ууураг, нүүрсус, өөх тосны задрал ба нийлэгжилтэд оролцдог гол бодисуудын нэг юм.



Витамин B5-ыг үйлдвэрт дараах схемийн дагуу нийлэгжүүлэн гарган авдаг.



Даалгавар 1. А бодис нь 66,63% C, 11,18% H ба хүчилтөрөгч агуулсан задгай хэлхээтэй альдегид бөгөөд ^{1}H-ЦСР спектрт 3 пик өгдөг. **А** бодисоос 200 г авч, 40%-ын формалины 224 г уусмал дээр нэмээд 160 г калийн карбонатыг бага багаар нэмж тасалгааны температурт урвалыг явуулан 72 г жинтэй $C_5H_{10}O_2$ томьёотой **В** бодисыг гарган авчээ. **А** бодисын эмпирик томьёог олж, **А** болон **В** бодисуудын бүтцийг зурна уу. **(1,5 оноо)**

А бодисын эмпирик томьёо	
А бодис	В бодис

Даалгавар 2. Гарган авсан **В** бодисыг натрийн гидросульфитийн уусмалд бүрэн уусган 10 °C хүртэл хөргөсний дараа 46 г калийн цианидыг бага багаар нэмэн урвалыг 1 цагийн турш явуулав. Урвалын холимогт эфир нэмж хандлан илүүдэл цианидыг урвалын орчноос салгасны дараа 200 мл концентрацитай давсны хүчил нэмж 10–15 °C-д шөнийн турш байлгаад урвалын холимогт хангалттай хэмжээний ус нэмж халаан эфирийг бүрэн ууршуулав. Урвалын холимгийг 100 °C-д 3 цагийн турш гидролизод оруулсны дараа 30%-

ийн натрийн гидроксидын уусмалаар саармагжуулж эфирээр хандлахад $C_6H_{10}O_3$ томьёотой 52 г цагираг бүтэцтэй, рацемат **E** бодис үүсэв. **C**, **D** бодисуудын бүтцийг зурна уу. **E** бодис болон түүний энантиомер **E′** бодисын орон зайн бүтцийг тус тус дүрслэн зурна уу. **(2 оноо)**

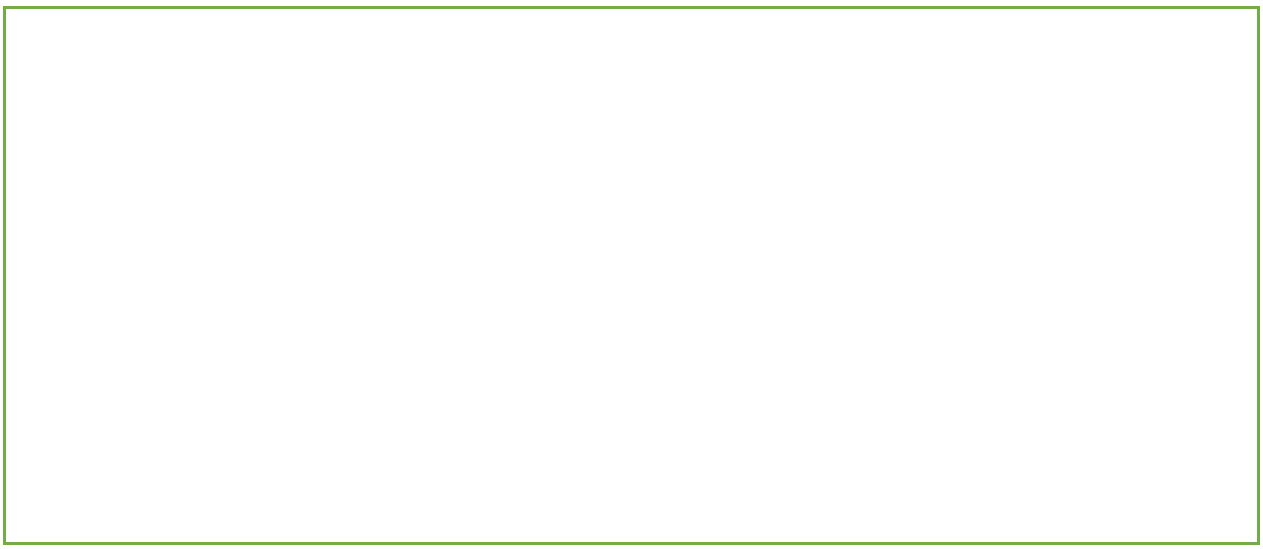
C бодис	D бодис
E бодис	E′ бодис

Даалгавар 3. Гарган авсан **E** бодисын рацемат холимгоос 4,16 г авч шинэхэн нэрсэн 8 г β-аланины этилийн эфиртэй 70 °C-д гурван цагийн турш урвалд оруулахад **F** бодис үүсдэг ба урвалын холимог дээр натрийн гидроксидын уусмал нэмж гидролизын урвал явуулснаар 6,14 г витамин B5-ын рацемат холимог гарган авдаг. **F** бодисын бүтцийг зурна уу. **(1 оноо)**

F бодис

Даалгавар 4. Нийт урвалын гарцыг тооцоолж аравны нарийвчлалтай хувиар илэрхийлнэ үү. **(1,5 оноо)**

Гарц, %



Бодлого 3. Азот ба түүний нэгдлүүд (Tier −5)

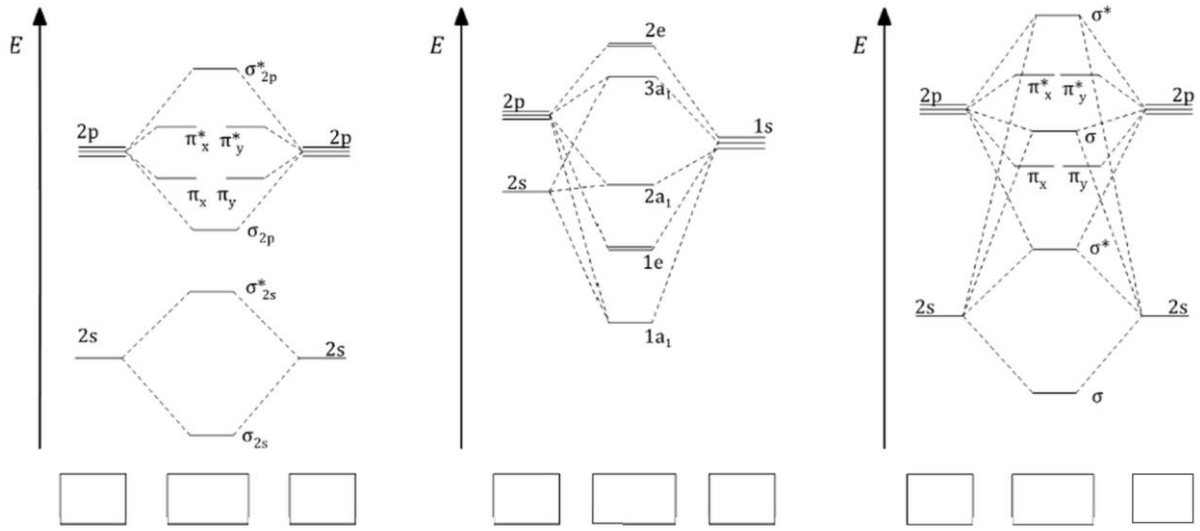
Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт 4-р бодлого)

Энэ бодлого азот болон түүний зарим нэгдлийн тухай. Химийн шинж чанар, молекулын бүтэц, мөн термодинамик ба кинетикийн асуудлуудыг тайлбарлана.

A. Азотын молекул — харьцуулалт

Молекул хүчилтөрөгчөөс ялгаатай нь молекул азот нэлээд идэвхгүй. Харгалзах МО схемүүдийг харьцуулах замаар энэ идэвхгүй байдлыг тайлбарлаж болно. Доорх зурагт N_2, O_2 болон азотын хамгийн чухал нэгдлүүдийн нэг болох NH_3-ын МО схемийг үзүүлэв.

3.1. Схем бүрийн доорх нүднүүдэд зөв элементийн тэмдэг болон молекулын томьёог бичиж, схемүүдийг тэмдэглэ. Схемүүдийг электроноор (сумаар) дүүргэ.



3.2. Соронзон шинж болон холбооны эрэмбийг заа:

Азот N_2	**Хүчилтөрөгч O_2**
Холбооны эрэмбэ: _____	Холбооны эрэмбэ: _____
☐ диамагнит	☐ диамагнит
☐ парамагнит	☐ парамагнит

B. Аммиак

Жил бүр 180 сая орчим метрийн тонн аммиак үйлдвэрлэдэг нь түүнийг хамгийн чухал бараа химийн бодисуудын нэг болгодог. Бараг бүх аммиакийг дараах урвалд үндэслэсэн Хабер–Бошийн процессоор нийлэгжүүлдэг:

$$N_2(x) + 3H_2(x) \rightarrow 2NH_3(x) \qquad \text{(R 3.1)}$$

Дараах тооцоонд шаардлагатай 298 K дахь зарим термодинамик өгөгдөл:

	$\Delta_f H°$ / кЖ·моль$^{-1}$	$S°$ / Ж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$	$C_p°$ / Ж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$
N_2(x)	0	191,6	29,1
H_2(x)	0	130,7	28,8
NH_3(x)	−45,9	192,8	

3.3. Дэлхий даяар аммиак үйлдвэрлэх явцад 298 K-д изобар нөхцөлд ялгарах дулааны нийт хэмжээ Q_1-ийг Жоулиар тооцоол.

2076 онд гарах «Оддын дайн: XIX анги — Химийн хүч» киноонд шинэ «Үхлийн од» гарна гэсэн цуу яриа байна. Энэхүү аварга зэвсэг дээр дурдсан 180 сая метрийн тонн аммиакийг аварга бомбон калориметрт үйлдвэрлэж, хожим нь тогтоосон гаригийг устгахад ашиглах аж.

3.4. Бомбон калориметрт 298 K-д нэг удаагийн аммиак үйлдвэрлэхэд ялгарах дулааны нийт хэмжээ Q_2-ийг тооцоол.

3.5. Нэг удаагийн аммиак үйлдвэрлэхийн тулд «Үхлийн од»-нд хадгалах шаардлагатай урвалжуудын нийт массыг тооцоол.

Одоо зохиомол бус шинжлэх ухаан руугаа буцъя. Химийн тэнцвэрийг танилцуулахдаа Хабер–Бошийн процессыг ихэвчлэн авч үздэг.

3.6. 298 К-д (R 3.1) тэгшитгэлийн дагуу аммиак үүсэх урвалын K_p-г тооцоол.

Урвалын хурдыг нэмэгдүүлэхийн тулд аммиакийн нийлэгжлийг ихэвчлэн 400 °C-д явуулдаг.

3.7. $\Delta_R H$ ба $\Delta_R S$ нь 298 К дахь утгатайгаа ижил гэж үзээд 400 °C-д аммиак үүсэх урвалын K_p-г тооцоол.

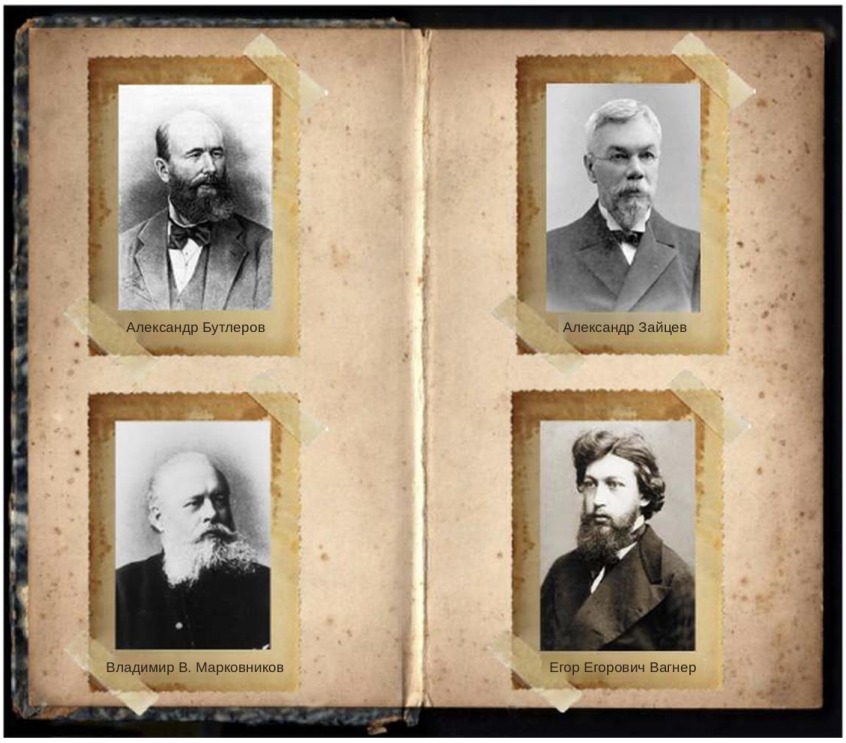
Бодит байдал дээр урвалын энтальпи мэдээж температураас хамаардаг. (R 3.1) урвалын тэнцвэрийн тогтмолын дараах утгууд мэдэгдэж байна:

T	$\boldsymbol{K_p}$
500 К	$1{,}14\cdot10^{-1}$
600 К	$2{,}11\cdot10^{-3}$
700 К	$1{,}12\cdot10^{-4}$

3.8. Эдгээр утгад үндэслэн $\Delta_R H_{650}$-г аль болох нарийвчлалтай тооцоол.

Бодлого 4. Оросын анхны үеийн органик химичид ба Марковниковын дүрэм (Tier 5)

Эх сурвалж: ОУХО-ийн бэлтгэл бодлого, 2020, Турк (Бодлого 4)

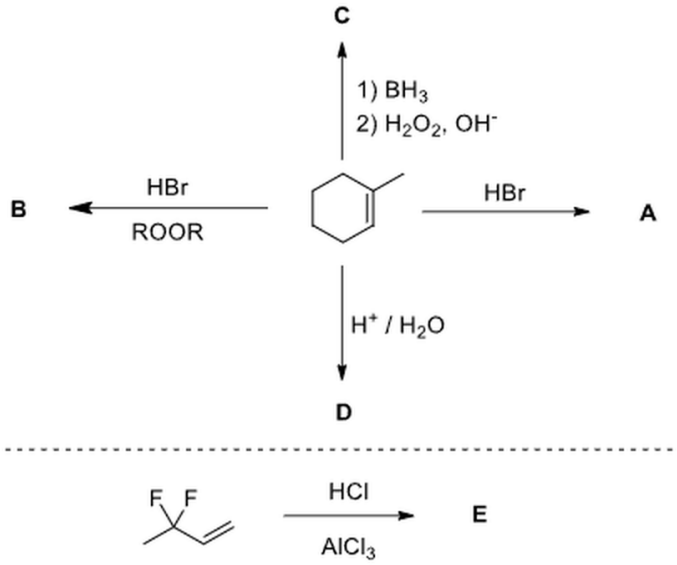


Өнгөрсөн жил Марковниковын дүрэм нээгдсэний 150 жилийн ойг тэмдэглэсэн бөгөөд энэ дүрмийг Владимир В. Марковников 1869 онд томьёолжээ. Марковников бол Оросын эртний нэрт эрдэмтэн Александр Бутлеровын докторант байв. Тэрээр 1869 онд хамгаалсан докторын диссертацдаа органик химийн бараг бүх сурах бичигт байдаг алдарт дүрмээ нээсэн юм. Марковниковын дүрмээр бол тэгш хэмт бус алкен эсвэл алкин галогент устөрөгчтэй (хлорт устөрөгч, бромт устөрөгч, иодот устөрөгч) урвалд ороход НХ-ийн устөрөгчийн атом нь устөрөгчийн атомын тоо хамгийн олон байгаа нүүрстөрөгчийн атомд нэгддэг. Гэвч урвалж эсвэл субстратаас хамаарч зарим тохиолдолд эсрэг үр дүн гарах боломжтой бөгөөд ийм урвалыг *анти*-Марковниковын нэгдэх урвал гэнэ. Марковниковын дүрэм нь алкен, алкинд галогент устөрөгч нэгдэх урвалд зориулан боловсруулагдсан, чухам тэр урвалд хэрэглэгддэг боловч бусад олон нэгдэх урвалыг ч региосонгомол чанараас нь хамааруулан Марковниковын эсвэл *анти*-Марковниковын нэгдэх урвал гэж тодорхойлдог.

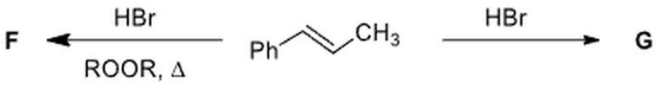
Үнэн хэрэгтээ уг дүрмийг дараах байдлаар шинэчлэн томьёолох нь зүйтэй: «*ийм төрлийн хос эсвэл гурвалсан холбоонд нэгдэх урвал нь илүү тогтвортой завсрын бүтээгдэхүүнээр дамжин явагддаг*». Зарим тохиолдолд электроны нөлөөнөөс гадна орон зайн (стерик) нөлөө ч Марковниковын болон *анти*-Марковниковын нэгдэх бүтээгдэхүүн үүсэхэд нөлөөлж болно.

Дараах даалгаврууд нь голчлон нэрт органик химич Александр Бутлеровын шавь болон Казаны их сургуулийн (ОХУ, Татарстан) хамтран зүтгэгчдийнх нь тодорхойлсон нээлтүүдтэй холбоотой.

4.1. **A**–**E** гол бүтээгдэхүүний бүтцийн томьёог стереохимийг нь харгалзан **<u>зүр</u>** (оптик изомерыг тооцохгүй).



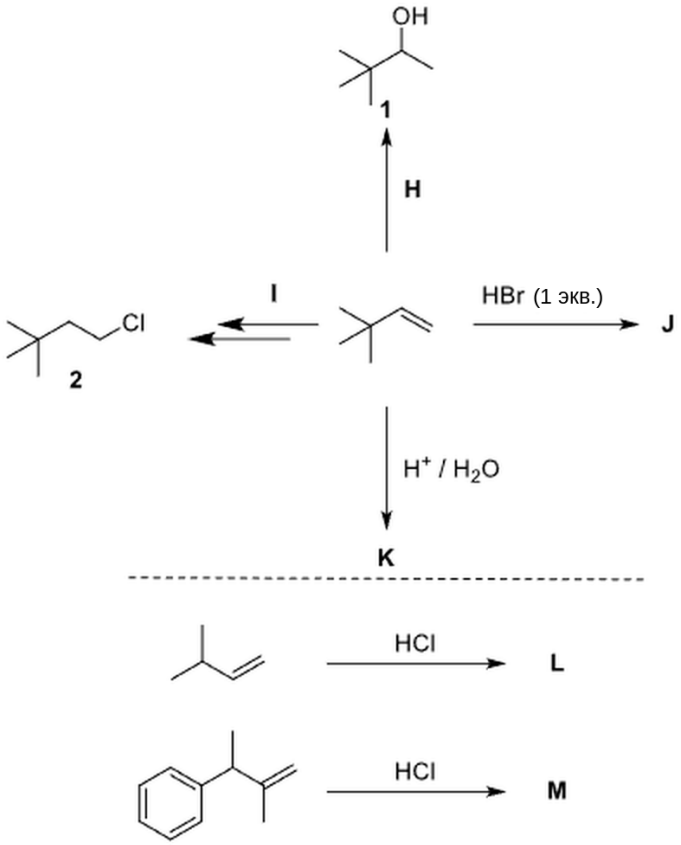
4.2. Дараах урвалуудын **F** ба **G** гол бүтээгдэхүүний бүтцийн томьёог **<u>зүр</u>**.



Вагнер–Меервейны дахин бүлэглэл (WMR)

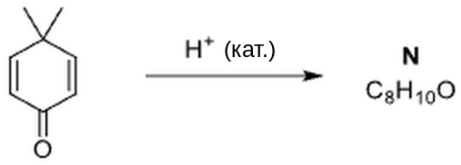
Вагнер бол Бутлеров, Марковников нартай нэгэн үед Казаны их сургуульд ажиллаж байсан бас нэг нэрт эрдэмтэн юм. Вагнер борнилхлорид дотоод дахин бүлэглэлд орж пинен үүсгэдэг гэж үзсэн. Хожим Меервейн энэ төрлийн дахин бүлэглэлийг ерөнхийлөн тайлбарласан. Иймээс ийм төрлийн урвалыг Вагнер–Меервейны дахин бүлэглэл гэж нэрлэх болжээ. Эдгээр урвал нь карбокатион үүсэх үед явагддаг. Ерөнхийдөө карбокатион нь боломжтой бол хөрш бүлгийн шилжилтээр илүү тогтвортой карбокатион болж дахин бүлэглэгддэг. Түүнчлэн урвал карбокатион эсвэл карбокатион төст завсрын бүтээгдэхүүнээр дамжихгүй бол дахин бүлэглэл явагдахгүй.

4.3. Урвал бүрд үүсэх завсрын бүтээгдэхүүнийг харгалзан **H** ба **I** урвалж, **J**–**M** гол бүтээгдэхүүний бүтцийн томьёог **зур**.



Хүчлээр катализлагдах Вагнер–Меервейны дахин бүлэглэл

4,4-диметилциклогекса-2,5-диен-1-оныг хүчлийн катализатортай урвалд оруулахад нэгэн нэгдэл үүссэн бөгөөд түүний ЦСР-ийн өгөгдлийг доор өгөв.



N нэгдлийн хувьд: ^{1}H ЦСР (300 МГц, $CDCl_3$): δ = 6,95 (d, *J* = 8,0 Гц, 1H); 6,61 (d, *J* = 2,8 Гц, 1H); 6,57 (dd, *J* = 8,0; 2,8 Гц, 1H); 5,39 (bs, 1H); 2,16 (s, 3H); 2,14 (s, 3H). ^{13}C ЦСР (100 МГц, $CDCl_3$): δ 153,4; 137,9; 130,4; 128,6; 116,6; 112,3; 19,8; 18,7.

4.4. N бүтээгдэхүүний бүтцийг **ол**, урвалын боломжит механизмыг **санал болго**.

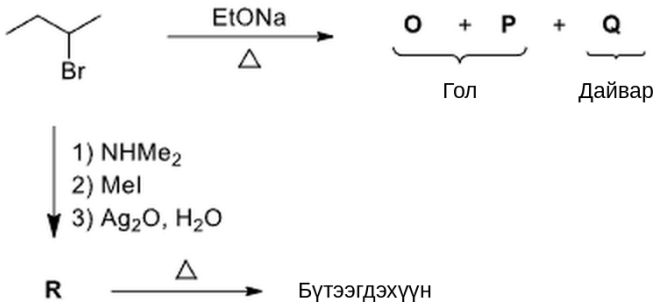
4.5. ЦСР-ийн ампул дахь уусмалд нэг дусал D_2O нэмсний дараа ^{1}H ЦСР спектрт ямар өөрчлөлт гарах вэ?

Зайцевын дүрэм

Өөрийн нэрээр нэрлэгдсэн дүрмийг (Зайцевын дүрэм; латинаар Zaitsev, Saytzeff эсвэл Saytzev гэж бичдэг) томьёолсон Зайцев бол Бутлеровын бас нэг докторант байв. Зайцевын дүрэм нь салгах (элиминацийн) урвалаар давамгайлан үүсэх алкен бүтээгдэхүүнийг урьдчилан тодорхойлох эмпирик дүрэм юм. Химич Александр Зайцев Казаны их сургуульд

салгах янз бүрийн урвалыг судалж, үүссэн алкенуудад нийтлэг зүй тогтол байгааг ажигласан. Ерөнхийд нь хэлбэл, Зайцевын дүрмээр салгах урвалд хамгийн их халагдсан бүтээгдэхүүн давамгайлан үүсдэг. Дараах даалгавар нь голчлон Зайцевын дүрэмтэй холбоотой.

4.6. Салгах урвалын **O**–**Q** бүтээгдэхүүн болон **R** нэгдлийн бүтцийн томьёог **зур**. Доорх схемд үзүүлсэн **R**-ийн дулааны урвалаар үүсэх гол бүтээгдэхүүн юу вэ?



4.7. EtONa-тай харьцуулахад **Q**-ийн эзлэх хувийг нэмэгдүүлэхийн тулд **аль суурийг (суурьтуудыг) хэрэглэж болох** вэ?

- ☐ NaOMe
- ☐ KOMe
- ☐ *i*-PrOK
- ☐ *t*-BuOK
- ☐ NH_3
- ☐ DBU
- ☐ *i*-Pr_2NEt

Бодлого 5. Азотын (I) ислийн хими (Tier 5)

Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт 2-р бодлого)



Азотын (I) исэл N_2O-г хөөсөрсөн цөцгий шахах хий, автомашины хөдөлгүүрт шаталтыг сайжруулах түлшний нэмэлт, мөн анагаах ухаан, шүдний эмчилгээнд мэдээ алдуулагч болгон хэрэглэдэг. Амьсгалахад азотын (I) исэл хэт хөөрөл үүсгэж болдог тул «инээдийн хий» гэсэн хоч авсан. Азотын (I) ислийг зугаа цэнгэлийн зорилгоор хэрэглэх нь эрүүл мэндэд ноцтой эрсдэлтэй болохыг одоо мэддэг болсон.

Азотын (I) ислийг будаг үйлдвэрлэлд хэрэглэдэг сул хүчил болох азотлогийн хүчил HNO_2-оос гарган авч болно.

(a) HNO_2-ийн цэг-загалмай диаграмыг (dot and cross) зур.

Азотлогийн хүчлийг хоёр өөр аргаар азотын (I) исэл болгон хувиргаж болно. Эхний аргыг доор үзүүлэв. Эхлээд азотлогийн хүчил O_2-тэй урвалд орж **A** молекул үүсгэнэ. Дараа нь **A** молекул аммиактай урвалд орж $[\mathbf{B}^+][\mathbf{C}^-]$ давс үүсгэх бөгөөд энэ давс халаахад задарч азотын (I) исэл ба ус үүсгэнэ.

$$HNO_2 \xrightarrow{O_2} \mathbf{A} \xrightarrow{NH_3} [\mathbf{B}^+][\mathbf{C}^-] \xrightarrow{\text{халаах}} N_2O + 2H_2O$$

Элементийн шинжилгээгээр **A** массын хувиар 1,60% устөрөгч, 22,23% азот агуулдаг.

(b) **A**-гийн томьёог тодорхойл.

(c) $\mathbf{B}^+$ ба $\mathbf{C}^-$ ионуудыг хэлбэрийг нь тодорхой харуулж зур.

Хоёр дахь аргаар азотлогийн хүчлийг халааж задалдаг. Азотлогийн хүчлийн хоёр молекул тутамд **D**, **E**, ус тус бүрийн нэг молекул үүснэ. **E** нь өнгөгүй **X** хийтэй тэнцвэрт байдаг улаан хүрэн өнгийн хий юм.

Дараа нь **D** ба **E** хоорондоо урвалд орж **F** молекулыг үүсгэх бөгөөд **F** халаахад задарч азотын (I) исэл ба хүчилтөрөгч үүсгэнэ.

(d) **D**, **E**, **F**, **X**-ийн томьёог бич.

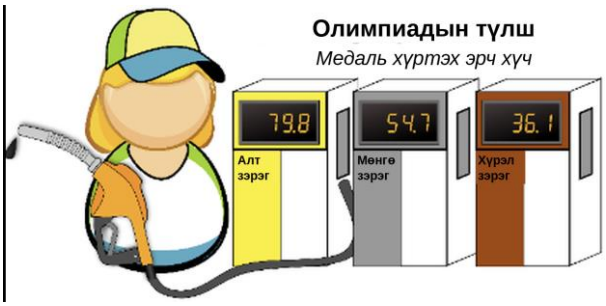
Азотын (I) исэл нь голдоо азотын атомтай шугаман молекул юм.

(e) N_2O-ийн бүтцийг зур.

Бодлого 6. E10 бензин (Tier 5)

Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт Q1)

Уур амьсгалын өөрчлөлтийн шалтгаантай тэмцэхэд туслах зорилгоор 2021 оны 9-р сард Их Британийн засгийн газар шатахуун түгээх станцуудын стандарт бензиний зэрэглэлийг E5-аас E10 болгон өөрчилсөн. Эдгээр E утга нь этанол–нүүрсустөрөгчийн түлшний холимог дахь этанолын хувийг заадаг. E5-аас E10 руу шилжсэн нь 2021 оны 10-р сард гарсан бензиний хомсдолд нөлөөлсөн хүчин зүйлсийн нэг болсон гэж үздэг, учир нь борлуулагчид E5-ын нөөцөө дуусгахыг оролдсон.



E утга болон октаны тоог хоёуланг нь шатахуун түгээх станц дээр харуулдаг. Октаны шулуун гинжит изомер хөдөлгүүрт «тогших» хандлагатай тул бензинд бага хэмжээгээр л агуулагддаг. Тогшилт гэдэг нь түлш хугацаанаасаа өмнө асах үзэгдэл бөгөөд энэ нь хөдөлгүүрийн үр ашгийг бууруулдаг. Октаны салаалсан гинжит изомерууд хамаагүй бага тогшдог бөгөөд бензинд эдгээр нь их хэмжээгээр агуулагддаг. Гол изомеруудын нэг нь 2,2,4-триметилпентан юм.

(a) 2,2,4-триметилпентаны араг ясан томьёог зур.

Түлшний холимогт E5, E10-ын адил этанол холих нь мөн тогшилтыг бууруулдаг. Этанол бол биотүлш бөгөөд ихэвчлэн тариалангийн ургамлын сахарыг исгэж гаргадаг. Ургамал агаар мандлаас нүүрсхүчлийн хий шингээж, фотосинтезээр глюкоз ($C_6H_{12}O_6$) зэрэг сахар болгон хувиргадаг.

(b) Фотосинтезийн явцад нүүрсхүчлийн хийнээс глюкоз үүсэх урвалын тэгшитгэлийг бич.

Глюкозын агааргүй исгэлтээр этанол ба нүүрсхүчлийн хий үүсдэг.

(c) Глюкозын агааргүй исгэлтийн урвалын тэгшитгэлийг бич.

Үр ашигтай түлшний шинж чанаруудын нэг нь түүний ялгаруулах энергийн хэмжээ буюу шаталтын энтальпи юм. Үүнийг тодорхойлох нэг арга бол холбооны дундаж энтальпийг ашиглах явдал. Зарим холбооны дундаж энтальпийг доор өгөв.

Холбоо	**Холбооны дундаж энтальпи / кЖ моль$^{-1}$**
C–C	347
C–H	413
O=O	498
C–O	358
C=O	805
O–H	464

Энэ аргаар тооцоолоход октаны бүх изомерын хувьд ижил утга гарна.

(d) Октаны нэг изомерын шаталтын энтальпийг тооцоол.

1 литр E10 түлш 100 мл этанол ба 900 мл октаны изомерууд, харин 1 литр E5 түлш 50 мл этанол ба 950 мл октаны изомерууд агуулна гэж үз. Цэвэр этанолын нягт 0,789 г·см$^{-3}$, цэвэр октаны изомеруудын нягт 0,703 г·см$^{-3}$. Холиход эзэлхүүн өөрчлөгдөхгүй гэж үзэж болно.

Холбооны дундаж энтальпиар тооцоолсон этанолын шаталтын энтальпи −1276 кЖ моль$^{-1}$.

(e) E5 ба E10 түлш тус бүрийн хувьд 1 литр түлш шатахад ялгарах энергийг кЖ-оор тооцоол.

Хэрэв (d) хэсгийн хариуг олоогүй бол энэ тооцоонд октаны изомеруудын шаталтын энтальпийг −6666 кЖ моль$^{-1}$ гэж авч болно.

(f) 1 литр E5 шатахад ялгарах энергийг 100% гэж аваад 1 литр E10 түлш шатахад ялгарах энергийн хувийг тооцоол.

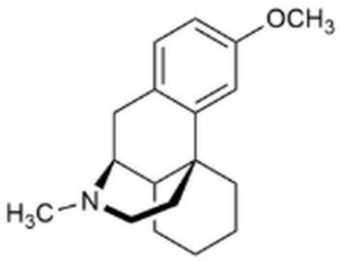
Этанолын шаталтаар ялгарсан бүх нүүрсхүчлийн хий нь ургамал ургах үед шингээсэн нүүрсхүчлийн хийгээр нөхөгддөг. Иймээс E5 ба E10 түлшний CO_2 ул мөрийг харьцуулахдаа этанолын хувь нэмрийг тооцдоггүй.

(g) 1 литр E5 түлш шатахад үүсэх CO_2-ыг 100% гэж аваад 1 литр E10 түлш шатахад үүсэх CO_2-ын хувийг тооцоол. Зөвхөн октаны изомерууд шатахад үүсэх CO_2-ыг тооцно уу.

Бодлого 7. Ханиад намдаах эм (Tier 5)

Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт 4-р бодлого)

2017 оны 9-р сард Их Британийн Ерөнхий сайд Тереза Мэй Консерватив намын их хурал дээр үг хэлэх үеэрээ хүчтэй ханиалгасан. Benylin® зэрэг ханиадны эмэнд агуулагддаг ханиад намдаах эм декстрометорфан түүнд тус болж болох байсан. Энэ бодлого декстрометорфаны нийлэгжлийн тухай. Нийлэгжилд зарим бат бөх холбоо болон зарим тогтвортой карбокатион үүсдэг.



декстрометорфан



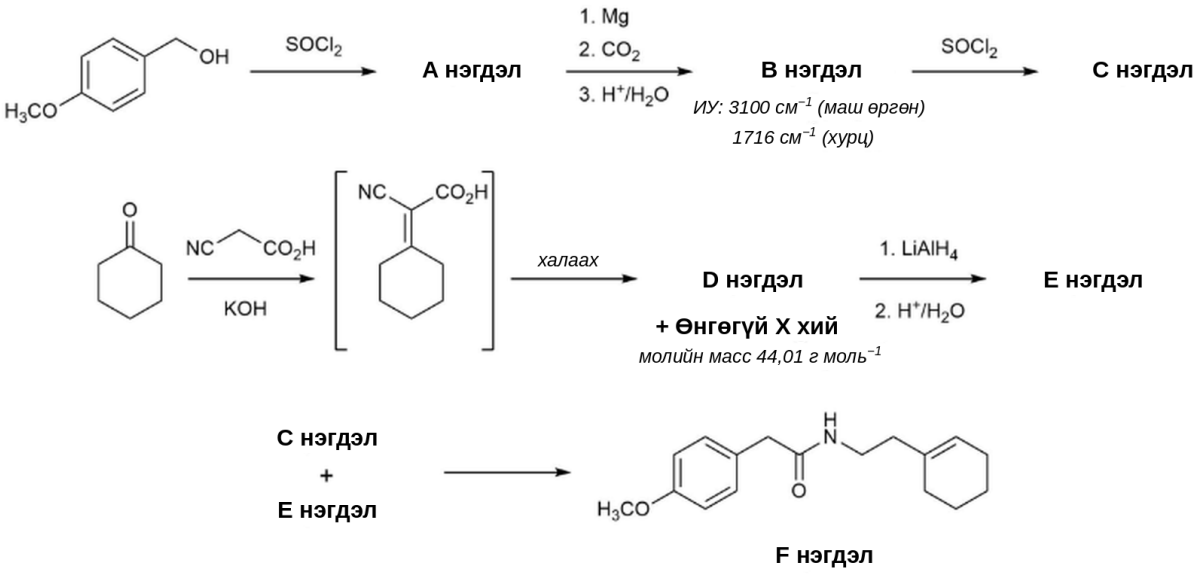
Декстрометорфаныг ихэвчлэн гидробромидын моногидрат давс хэлбэрээр хэрэглэдэг.

(a) Давсанд протонжсон декстрометорфаны атомыг хариултын хуудсанд дугуйлж тэмдэглэ.

(b) Декстрометорфаны молекулын томьёог тодорхойлж, улмаар декстрометорфаны гидробромидын моногидрат давсны молийн массыг тооцоол.

Декстрометорфаны нийлэгжил хэд хэдэн үе шаттай. Нийлэгжлийг дүрсэлсэн схемүүдэд урвалын дайвар бүтээгдэхүүнийг үргэлж харуулаагүй болохыг анхаарна уу.

Декстрометорфаны нийлэгжил **F** нэгдлийг нийлэгжүүлэхээс эхэлдэг.



(c) A, **B**, **C**, **D**, **E** нэгдлүүд болон **X** хийн бүтцийг зур.

Бодлого 8. Метанолын термодинамик (Tier +5)

Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт 3-р бодлого) · нийт 6 оноо

Хүснэгтэд өгөгдсөн үр дүнг ашиглан дараах даалгаврыг гүйцэтгэнэ үү.

	H_2(х)	**O_2(х)**	**CO(х)**	**CO_2(х)**	**H_2O(ш)**	**H_2O(х)**	**CH_3OH(ш)**	**CH_3OH(х)**
$-\Delta_{үүс}H°_m$, кЖ·моль$^{-1}$	0	0	110,52	393,51	285,83	241,82	238,66	200,66
$S°_m$, Ж·К$^{-1}$·моль$^{-1}$	130,68	205,14	197,67	213,74	69,91	188,83	126,80	239,81

(х) — хий, (ш) — шингэн

Даалгавар 1. 400 К температур, 100 кПа даралтын нөхцөлд метанолын крекинг задралаар устөрөгч үүсэх урвалын тэнцвэрийн тогтмолыг тооцоолно уу. Температурын хамаарлыг тооцохгүй болно. **(3 оноо)**

Даалгавар 2. 0,426 г метанолыг 1 л эзэлхүүнтэй хатуу саванд хийж температурыг 298 К-д тогтмол хадгалахад хий болон шингэн фаз дахь метанолын массын харьцаа хэд байх вэ? Метанолын буцлах температур 337,7 К. **(3 оноо)**

Бодлого 9. Çay, Cha, Chai, Te, Tea, Tee, Thé, Thee ба Эрл Грей цайны амт: Бергамот (Tier −4)

Эх сурвалж: ОУХО-ийн бэлтгэл бодлого, 2020, Турк (Бодлого 3)

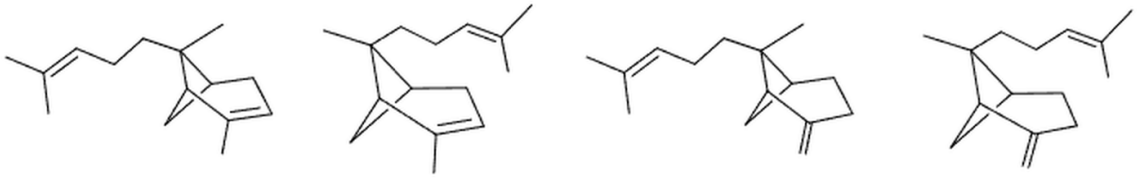
Үг	Хэл
Cha	Хятад, Япон, Солонгос, Португал…
Chai	Орос, Перс…
Çay	Турк, Азербайжан…
čaj	Босни, Хорват, Чех, Серб, Словак…
Shay	Араб…
Te	Итали, Испани…
Tea	Англи…
Tee	Герман…
Thé	Франц…
Thee	Голланд…
Chaay	Хинди…

Цай (туркээр: *çay*) нь Турк улс даяар болон гадаадад амьдардаг туркуудын дунд түгээмэл ундаа юм. Туркийн цайны соёл Азербайжанаас Балканы хойгийн зарим улс хүртэл тархсан байдаг. Турк улс нэг хүнд ногдох цайны хэрэглээгээр дэлхийд тэргүүлдэг (жилд нэг хүнд 2,5 кг) бөгөөд удаах байрт Их Британи (жилд нэг хүнд 2,1 кг) ордог.





Бергамотен ба түүний уламжлалууд (**1**–**4**) нь сесквитерпенүүд бөгөөд пинаны монотерпенүүдийн аналог юм. Бергамотын тосонд агуулагддаг бергамотенүүд нь Эрл Грей цайны үнэр, амтыг бүрдүүлэхэд оролцдог.



1 α-*транс*-бергамотен

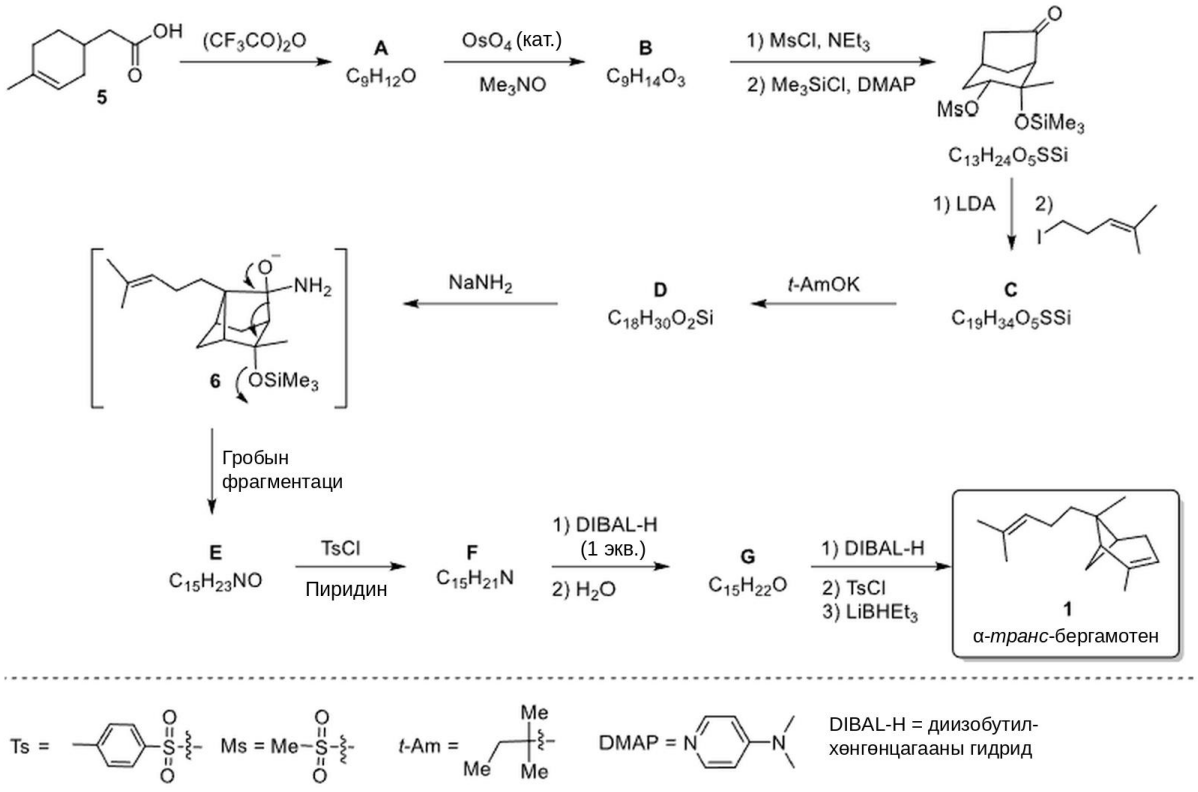
2 α-*цис*-бергамотен

3 β-*транс*-бергамотен

4 β-*цис*-бергамотен

9.1. Дараах урвалын схемд α-*транс*-бергамотен (**1**)-ийг нийлэгжүүлэх аргыг үзүүлэв. **A**–**G** бүтээгдэхүүний бүтцийн томьёог **зур**.

9.2. A-г **B** болгон хувиргахад Me_3NO урвалж ямар үүрэг гүйцэтгэдэг вэ?

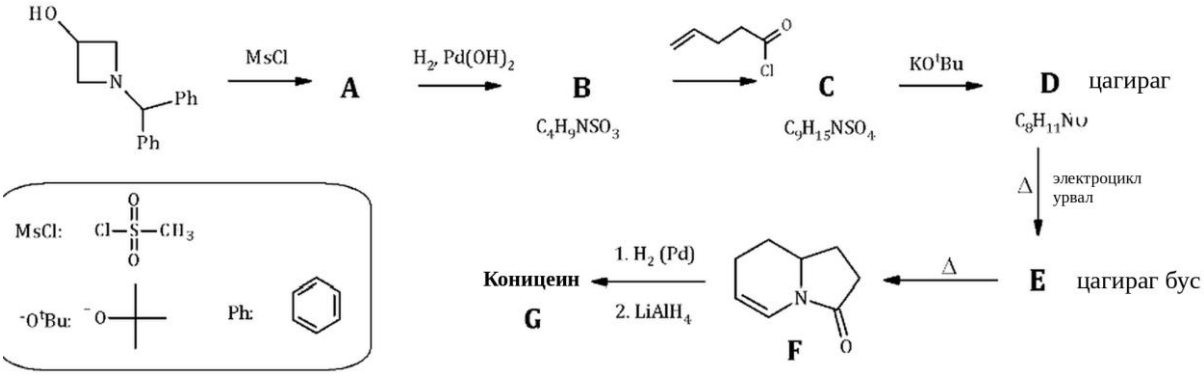


Бодлого 10. Органик нийлэгжил: коницеины нийлэгжил (Tier −4)

Эх сурвалж: Австрийн химийн 46-р олимпиад, нөөц тэмцээн II, 5-р бодлого (M. Scherl) · нийт 19 оноо, А хэсэг 15 оноо

(Jung, M.E.; Choi, Y.M. J. Org. Chem. 1991, 56, 6729.)

Энэ бодлого гетероцикл алкалоид болох коницеины нийлэгжлийн тухай. 1991 онд үүнийг перициклийн урвалын гоёмсог үе шатуудыг ашиглан нийлэгжүүлжээ.



10.1. **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G** бодисуудын бүтцийн томьёог зур.

10.2. **D**-гийн бүтцийн томьёонд **E** үүсэхийг үндэслэлтэй харуулах «сумнуудыг» зур.

10.3. **E**-гийн бүтцийн томьёонд **E** урвалжаас (өгөгдсөн) **F** үүсэхийг үндэслэлтэй харуулах «сумнуудыг» зур. Өгөгдсөн урвалын төрлийг аль болох нарийвчлан нэрлэ. Энэ урвалыг юу гэж нэрлэдэг вэ?

10.4. **C** ⟶ **D** урвалд KO^tBu ямар үүрэг гүйцэтгэдгийг бич. Энэ урвал ямар механизмаар явагддагийг нэрлэ.

10.5. **A**-гийн бүтцэд мезил бүлгийг оруулсан шалтгааныг заа. Энэ талаар хамгийн ихдээ нэг өгүүлбэр бич!

Бодлого 11. Хабер–Бошийн процесс (Tier 4)

Тайлбар: Шаардлагатай термодинамик өгөгдлийг бодлогын төгсгөлд өгөв.

Хабер–Бошийн процесст аммиакийг (NH_3) төмөрт суурилсан катализатор ашиглан харгалзах энгийн бодисуудаас нь шууд нийлэгжүүлдэг.

1. Аммиак нийлэгжих урвалын тэгшитгэлийг бич.

2. $\Delta_r H^\circ$ ба $\Delta_r S^\circ$ нь температураас хамаарахгүй гэж үзээд аммиак нийлэгжих урвалын $K_p = 1$ байх температур T (K)-ийг тодорхойл.

Бодит байдалд $\Delta_r H^\circ$ ба $\Delta_r S^\circ$ нь температураас хамаардаг.

3. Хийнүүдийн дулаан багтаамж тогтмол, харин энтальпи ба энтропи нь температураас хамаарна гэж үзээд 300 °C дахь K_p-ийн утгыг тооцоол.

Термодинамик өгөгдөл ($T = 298$ K, $p = 1$ бар):

Бодис	$\Delta_f H^\circ$ / кЖ·моль$^{-1}$	S° / Ж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$	C_p / Ж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$
H_2(хий)	0	130,7	28,8
N_2(хий)	0	191,6	29,1
NH_3(хий)	−46,2	192,7	35,1

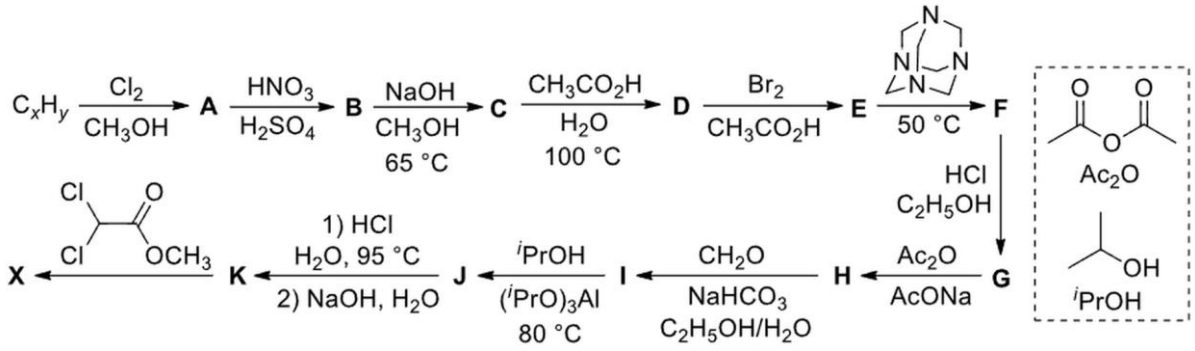
Бодлого 12. Том тоннажийн нүүрсустөрөгчөөс эм хүртэл (Tier 4)

Эх сурвалж: Оросын олимпиадын бодлого (Задача 10-4)

Том тоннажийн үйлдвэрлэлийн бүтээгдэхүүн болох C_xH_y нүүрсустөрөгчийн уурыг (300 °C, 1 атм-д 1,175 л) стехиометрийн хэмжээний хүчилтөрөгчтэй хольж, гарсан холимгийг битүү саванд шатаав. Усны уурыг (1,8 г) бүрэн конденсацлуулсны дараа даралт анхны холимгийн даралттай харьцуулахад 1,375 дахин багассан.

12.1. C_xH_y-ийн молекулын томьёог тооцоолж, бүтцийн томьёог бич.

C_xH_y нь түгээмэл хэрэглэгддэг **X** эмийг үйлдвэрлэлд нийлэгжүүлэх доорх схемийн эхлэл нэгдэл юм.



12.2. **A**–**K** болон **X** нэгдлүүдийн бүтцийн томьёог бич. Элементийн шинжилгээгээр **G** бодис массын хувиар 16,37% хлор агуулдаг, харин **C** энэ элементийг агуулдаггүй; мөн **J** бодис массын хувиар 11,02% азот агуулдаг болохыг анхаар.

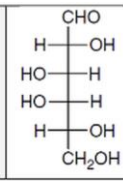
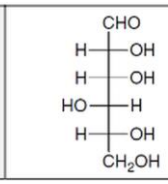
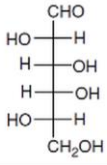
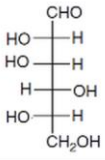
12.3. $y/x = m/n$ гэдэг нь мэдэгдэж байгаа бол C_nH_m найрлагатай өөр нэгэн том тоннажийн бүтээгдэхүүнээс **D**-г нийлэгжүүлэх аргыг санал болго.

Бодлого 13. Альдогексозын бүтэц тогтоох (Tier 4)

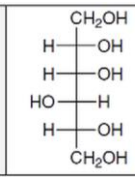
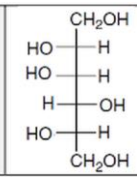
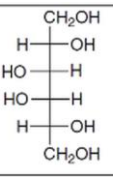
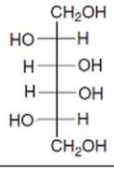
Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт 4-р бодлого) · нийт 6 оноо

Нэгэн альдогексоз **A**-г метанол дахь $NaBH_4$ ашиглан ангижруулахад оптик идэвхтэй **B** үүсдэг. **A**-г Вуул (Wohl)-ын задралд оруулахад (энэхүү задралд моносахарид гидроксиламинтай нуклеофиль нэгдэх урвалд орж оксим үүсгэх ба түүнийг цааш цууны ангидрид ба натрийн ацетатын холимгоор үйлчлэхэд цианогидрин үүсдэг; үүссэн цианогидрин суурилаг орчинд цианы хүчлийг ялгаруулан нэгээр цөөн тооны C атом бүхий альдегид болдог) **C** альдопентоз үүсэх ба түүнийг ангижруулахад оптик идэвхгүй **D** альдитол үүсдэг. Мөн **C** нь Вуулын задралаар альдотетроз **E**-г үүсгэх ба түүнийг исэлдүүлэхэд оптик идэвхтэй **F** альдарын хүчил үүсдэг. **A** альдогексозын хоёр төгсгөлийг солиход өөр альдогексоз **G** болно. Дараах хүснэгтэн мэдээллийг ашиглан даалгаврыг гүйцэтгэнэ үү.

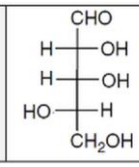
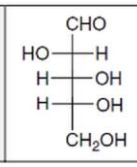
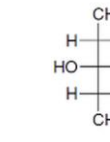
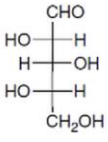
Даалгавар 1. A нэгдэлд тохирох хариулт (a)-ыг сонгоно уу. **(0,5 оноо)**

A	1		2		3		4	

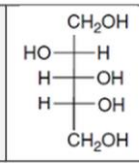
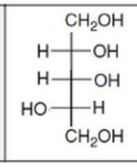
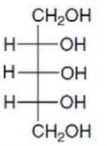
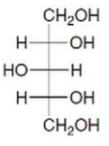
Даалгавар 2. B нэгдэлд тохирох хариулт (b)-ыг сонгоно уу. **(0,5 оноо)**

B	5		6		7		8	

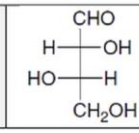
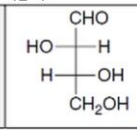
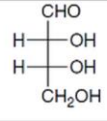
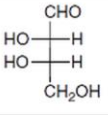
Даалгавар 3. C нэгдэлд тохирох хариулт (cd)-ыг сонгоно уу. **(1 оноо)**

C	09		10		11		12	

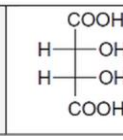
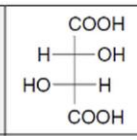
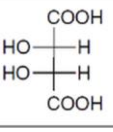
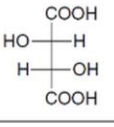
Даалгавар 4. D нэгдэлд тохирох хариулт (ef)-ыг сонгоно уу. **(1 оноо)**

D	13		14		15		16	

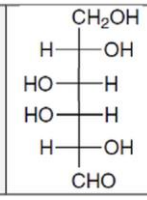
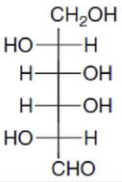
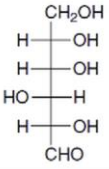
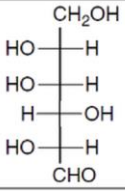
Даалгавар 5. E нэгдэлд тохирох хариулт (gh)-ыг сонгоно уу. **(1 оноо)**

E	17		18		19		20	

Даалгавар 6. F нэгдэлд тохирох хариулт (ij)-ыг сонгоно уу. **(1 оноо)**

F	21		22		23		24	

Даалгавар 7. G нэгдэлд тохирох хариулт (kl)-ыг сонгоно уу. **(1 оноо)**

G	25		26		27		28	

Бодлого 14. Олон талт нил ягаан (Tier +4)

Эх сурвалж: Балтийн орнуудын химийн 14-р олимпиад (BChO), 2006, Рига, Латви (1-р бодлого)

A элементийг Чилийн селитртэй хольцоор байгальд тохиолддог **B** нэгдлээс нь ялгаж авч болно. Эхлээд **B** нэгдлийг NaSH-ийн усан уусмалаар боловсруулна. Дараа нь энгийн бодис **A**-г усан уусмалаас ксилолоор экстракцлахад ксилол нил ягаан өнгөтэй болдог. **A** элемент цардуулын уусмалтай мөн хөх өнгийн нэгдэл үүсгэдэг.

a) **A** ба **B**-г тодорхойл.

b) Чилийн селитрийн химийн томьёог бич.

c) **B**-г NaSH-ийн усан уусмалаар боловсруулах урвалын тэгшитгэлийг бич.

A элемент анагаах ухаанд өргөн хэрэглэгддэг. 1986 онд Чернобылийн атомын цахилгаан станцын ослын дараа Припять хотын ойролцоо амьдардаг хүмүүст **A** агуулсан эм өгсөн.

d) Цацраг идэвхт хур тунадас унах үед **A** элемент агуулсан эм уух шаардлагатайн учрыг тайлбарла.

A элемент цахилгаан техникт ч хэрэглэгддэг. Олон тээврийн хэрэгслийн зарим цахилгаан эд ангид бага хэмжээний **A** болон түүний вольфрамын давс агуулагддаг.

e) Цахилгаан эд анги ажиллах явцад түүнд явагдах буцах урвалын тэгшитгэлийг бич.

A элементийг чийглэг улаан фосфортой урвалд оруулахад өнгөгүй, хортой **C** хий ялгардаг. Хийн төлөвт **C** нэгдэл нь усан орчинд бүрэн протолизд ордог (ионуудад задардаг) хүчтэй хүчил юм.

f) **A** элемент ба чийглэг улаан фосфорын хоорондох урвалын тэгшитгэлийг бич.

g) 12,79 г **C**-г 1,00 дм^3 усанд уусгав. **C** нэгдлийн усан уусмалын pH-ийн утгыг тооцоол.

h) **g)**-д дурдсан уусмалаас 1,00 см^3-ийг 10,0 м^3 цэвэр нэрмэл усаар шингэлэв. Шинээр гарсан уусмалын pH-ийн утгыг тооцоол.

Бодлого 15. Хүчил–суурийн тэнцвэр (Tier +4)

Эх сурвалж: Польшийн химийн олимпиад (Zadanie 1)

Лабораторид хоёр хүчлийн уусмалыг хооронд нь холив: $c_1 = 10^{-2}$ моль·дм$^{-3}$ концентрацтай, $pH_1 = 3{,}38$ бүхий цууны хүчлийн $V_1 = 50$ мл уусмал ба $c_2 = 10^{-2}$ моль·дм$^{-3}$ концентрацтай, $pH_2 = 2{,}95$ бүхий сүүний хүчлийн ($CH_3CH(OH)COOH$) $V_2 = 100$ мл уусмал.

Даалгавар:

a. *(2 оноо)* Эдгээр сул хүчлийн pK_{a1} ба pK_{a2}-ийн утгыг тооцоол.

b. *(6 оноо)* Хоёр сул хүчлийн уусмалын холимог дахь H^+ ионы концентрацийн ($[H^+]$) ерөнхий томьёог анхны уусмалуудын концентраци c_1, c_2, анхны уусмалуудын эзэлхүүн V_1, V_2, хүчлийн диссоциацийн тогтмол K_{a1}, K_{a2} болон усны ионы үржвэр K_w-ийн функц хэлбэрээр гарга.

c. *(7 оноо)* Гарган авсан томьёог ерөнхий тохиолдолд хэрэглэж болох, илүү энгийн илэрхийлэлд (хоёрдугаар зэргийн олон гишүүнтэд) хүргэх дор хаяж хоёр үндэслэлтэй хялбарчлалыг санал болго. Эдгээр хялбарчлалыг хэрэглэх ерөнхий нөхцөлийг заа. Энэ тодорхой тохиолдолд эдгээр хялбарчлалыг хэрэглэж болох уу? Хариултаа тооцоогоор үндэслэ.

d. *(1 оноо)* Гарсан уусмалын pH-ийг тооцоол.

Мөн хоёр хүчлийн уусмалын хоёр дахь холимгийг бэлтгэв: эхний уусмалыг өөрчлөөгүй, харин хоёр дахь уусмал нь сүүний хүчилтэй ижил эзэлхүүн, концентрацтай давсны хүчлийн уусмал байв ($V_2 = 100$ мл, $c_2 = 10^{-2}$ моль·дм$^{-3}$).

Даалгавар:

e. *(4 оноо)* Энэ тодорхой холимгийн хувьд хэрэглэж болох бүх үндэслэлтэй хялбарчлалыг ашиглан H^+ ионы концентрацийн ($[H^+]$) томьёог анхны уусмалуудын концентраци c_1, c_2, анхны уусмалуудын эзэлхүүн V_1, V_2 болон хүчлийн диссоциацийн тогтмол K_{a1}-ийн функц хэлбэрээр гарга.

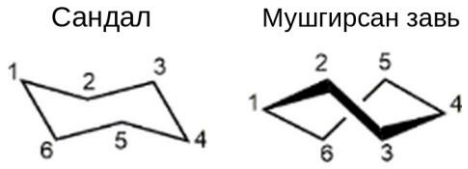
f. *(1 оноо)* Гарсан уусмалын pH-ийг тооцоол.

Тооцоололд хүчлийн уусмалуудыг холиход уусмалын нийт эзэлхүүн өөрчлөгдөхгүй гэж үз.

Бодлого 16. Твистан молекул (Tier +4)

Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт 4-р бодлого)

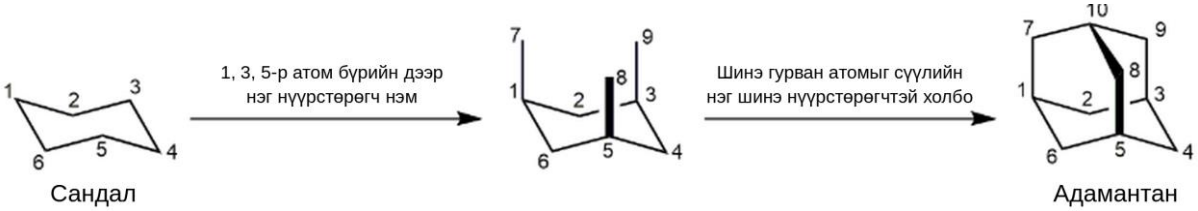
Циклогексаны (C_6H_{12}) араг ясан бүтцийг ихэвчлэн зөв зургаан өнцөгтөөр дүрсэлдэг ч бодит байдал дээр энэ нь *конформаци* гэж нэрлэгддэг олон янзын хэлбэрт оршин байдаг уян хатан молекул юм. Эдгээр конформациас хоёрыг нь — *сандал* ба *мушгирсан завь* хэлбэрийг доор үзүүлэв. Зургаан гишүүнт цагираг дахь нүүрстөрөгчийн атомуудыг холболтыг нь харуулахын тулд 1–6 гэж дугаарлав.



Сандал хэлбэр нь циклогексаны хамгийн бага энергитэй конформаци бөгөөд бүх холбооны өнцөг нь тетраэдр нүүрстөрөгчийн атомын идеал өнцөгтэй бараг тэнцүү байдаг. Мушгирсан завь хэлбэр илүү өндөр энергитэй.

(a) Циклогексаны сандал хэлбэр дэх идеал C–C–C өнцөг зөв зургаан өнцөгтийн өнцгөөс хэдэн градусаар ялгаатай вэ?

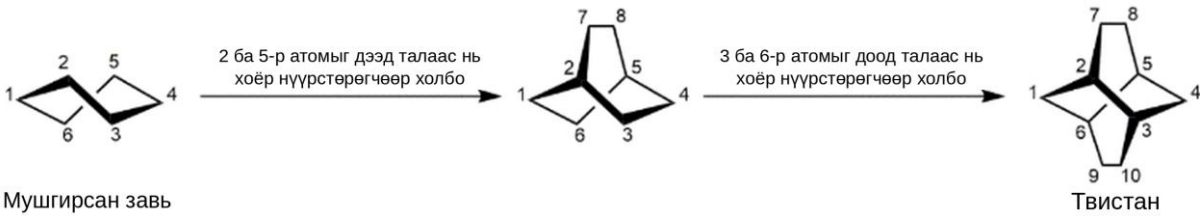
Адамантан молекулыг доор үзүүлсний дагуу циклогексаны сандал конформацад дахин дөрвөн нүүрстөрөгчийн атом нэмж төсөөлж болно. Ингэхэд өөр зургаан гишүүнт цагиргууд үүснэ. Адамантанд бүх зургаан гишүүнт цагираг сандал конформацдаа түгжигдсэн байдаг.



(b) Адамантан дахь давтагдахгүй зургаан гишүүнт цагираг бүрийн хувьд тухайн цагирагийн зургаан нүүрстөрөгчийн атомын дугаарыг холбогдсон дарааллаар нь, хамгийн бага дугаараас эхлэн бич (жишээ нь: -1-2-3-4-5-6-).

(c) Адамантаны ^{13}C ЦСР спектрт хэдэн дохио байх вэ (өөрөөр хэлбэл нүүрстөрөгчийн хэдэн өөр орчин байна вэ)?

Твистан молекулыг доор үзүүлсний дагуу циклогексаны мушгирсан завь конформацад дахин дөрвөн нүүрстөрөгчийн атом нэмж төсөөлж болно. Ингэхэд өөр зургаан гишүүнт цагиргууд үүснэ. Твистанд бүх зургаан гишүүнт цагираг мушгирсан завь конформацдаа түгжигдсэн байдаг бөгөөд молекул нэрээ үүнээс авсан (англиар *twist* — мушгирах).

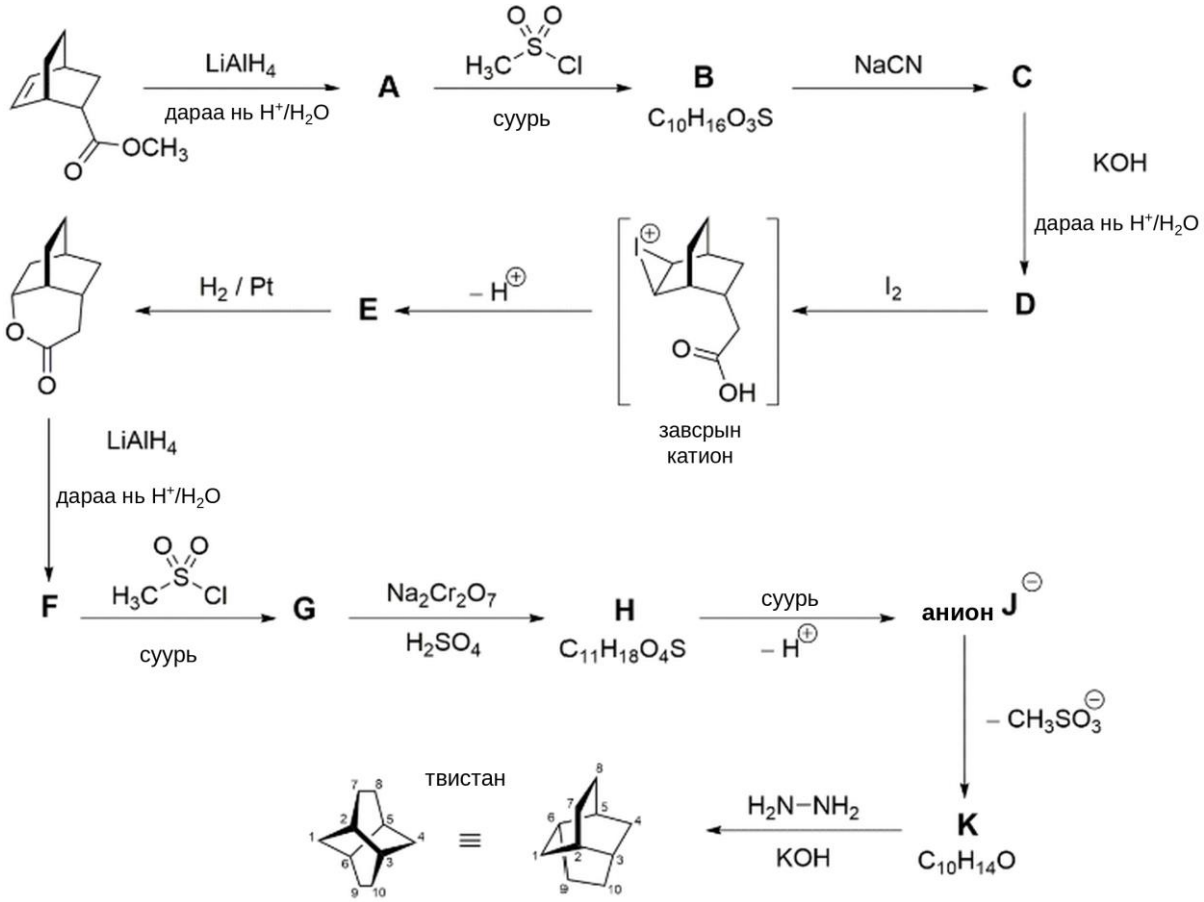


(d) Твистан дахь давтагдахгүй зургаан гишүүнт цагираг бүрийн хувьд тухайн цагирагийн зургаан нүүрстөрөгчийн атомын дугаарыг холбогдсон дарааллаар нь, хамгийн бага дугаараас эхлэн бич (жишээ нь: -1-2-3-4-5-6-).

(e) Твистаны ^{13}C ЦСР спектрт хэдэн дохио байх вэ?

(f) Адамантан ба твистан бие биеийнхээ изомер юм. Тэдгээрийн молекулын томьёо юу вэ?

Бүх цагираг нь хамгийн бага энергитэй сандал конформацад байдаг тул адамантан маш тогтвортой молекул юм. Үүнийг 1933 онд түүхий нефтийн бүрэлдэхүүн хэсэг болохыг илрүүлсэн. Харин твистан бүх цагираг нь илүү өндөр энергитэй мушгирсан завь конформацад байдаг тул маш их хүчдэлтэй молекул юм. Үүнийг тусгайлан нийлэгжүүлэх шаардлагатай бөгөөд анх 1962 онд нийлэгжүүлсэн. Нийлэгжлийг доор үзүүлэв.



Нийлэгжлийн явцад C–C дан холбоо тасрахгүй тул эхлэл бодист байгаа холбоонууд эцэс хүртэл хадгалагдана. Эдгээрийг хариултын хуудсанд урьдчилан зурсан бөгөөд (g) хэсгийн хариултдаа заавал ашиглах ёстой.

(g) **A**–**H** нэгдлүүд, $\mathbf{J}^-$ анион болон **K** нэгдлийн бүтцийг зур.

(h) Хариултын хуудсанд дараах сонгох асуултуудад хариул.

(i) Твистан хэдэн тэгш хэмийн хавтгайтай вэ?

(ii) Твистан хэдэн эргэлтийн тэгш хэмийн тэнхлэгтэй вэ?

(iii) Твистан толин тусгалтайгаа давхцах уу?

Бодлого 17. Озоны кинетик (Tier +4)

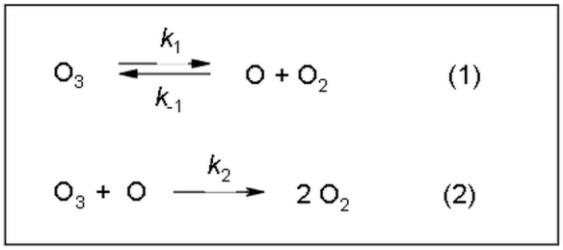
Эх сурвалж: ОУХО-37, 2005, Тайбэй (7-р бодлого)

Озон (O_3) нь хүчилтөрөгчийн нэг хэлбэр юм. Энэ нь стратосферийн байгалийн бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд тэнд дэлхийг амь устгагч хэт ягаан туяанаас хамгаалдаг. Энэ мужийн гэрлийг шингээхдээ озон хүчилтөрөгчийн молекул болж хувирдаг.

Озоны задралын нийлбэр урвал:

$$2O_3 \rightarrow 3O_2$$

Санал болгосон механизмуудын нэгийг дараах байдлаар илэрхийлдэг:



Энд k_1, k_{-1}, k_2 нь хурдны тогтмолууд.

17.1. Дээрх механизмын дагуу, 2-р үе шатыг буцахгүй гэж үзээд t агшин дахь O_3, O_2, O-ийн үүсэх (эсвэл зарцуулагдах) дифференциал хурдны тэгшитгэлүүд ямар байх вэ?

17.2. Зохих таамаглал хийснээр хурдны хуулийг гаргахыг хялбарчилж болно. O атомын концентраци хурдан тэнцвэрт хүрдэг гэж үзвэл түүний концентрацийг (1) урвалын тэнцвэрийн тогтмолоор илэрхийлж болно. Хоёрдугаар үе шат хурд тодорхойлогч. Энэхүү тэнцвэрийн ойролцооллоор O_3-ын зарцуулалтын дифференциал хурдны тэгшитгэлийг O_2 ба O_3-ын концентрацийн функц хэлбэрээр гарга.

17.3. Өөр нэг түгээмэл таамаглал бол хүчилтөрөгчийн атом үүсэх ба зарцуулагдах хурд тэнцүү байна гэх явдал (үүнийг стационар төлөв гэдэг). Стационар төлөвийн ойролцооллоор, өөрөөр хэлбэл $\mathrm{d[O]/d}t = 0$ үед хурдны тэгшитгэл дараах хэлбэртэй болохыг харуул:

$$-\mathrm{d[O_3]/d}t = 2k_1k_2[O_3]^2 / (k_{-1}[O_2] + k_2[O_3])$$

Дээд агаар мандалд озон устах ($2O_3 \rightarrow 3O_2$) нэг зам нь фреоноор катализлагддаг. Жишээлбэл, CCl_2F_2 (фреон-12) дээд агаар мандал руу шилжихэд CCl_2F_2-ын хэт ягаан туяаны фотолизоор дараах урвалын дагуу Cl атом үүсч болно:

$$CCl_2F_2 \xrightarrow{h\nu} CF_2Cl + Cl \qquad (3)$$

17.4. Хлорын атом озоны задралын катализатор болж чадна. Cl-ээр катализлагдах механизмын эхний удаан үе шатыг дараах байдлаар санал болгосон:

$$Cl(x) + O_3(x) \rightarrow ClO(x) + O_2(x) \qquad (4)$$

Механизмыг хоёр үе шаттай гэж үзээд хоёр дахь үе шатыг санал болго.

17.5. Cl-ээр катализлагдах озоны задралын идэвхжлийн энерги 2,1 кЖ·моль$^{-1}$, харин катализаторгүй урвалын идэвхжлийн энерги 14,0 кЖ·моль$^{-1}$. 25 °С-д катализлагдсан урвалын хурдны тогтмолыг катализаторгүй урвалынхад харьцуулсан харьцааг ойролцоогоор тооцоол. Урвал бүрийн давтамжийн хүчин зүйл ижил гэж үз.

Бодлого 18. Устөрөгчийн эрчим хүч (Tier −3)

Эх сурвалж: ОУХО, 2006, Солонгос

Устөрөгч бол нэгж масст ногдох энергийн агууламжаараа хамгийн өндөр түлш юм. Устөрөгчийн эрчим хүчийг амжилттай нэвтрүүлэх гол хүчин зүйл нь устөрөгчийг хямд зардлаар үйлдвэрлэх, аюулгүй хадгалах явдал юм.

1. Устөрөгч 80 МПа даралт, 25 °C температурт цилиндр саванд байгаа гэе. Хийг идеал гэж үзээд цилиндр дэх устөрөгчийн нягтыг тооцоол.

2. Устөрөгчийн шаталтын дулааныг ижил масстай нүүрстөрөгчийн шаталтын дулаанд харьцуулсан харьцааг тооцоол.

$\Delta_f H°(H_2O(\text{шингэн})) = -286$ кЖ/моль

$\Delta_f H°(CO_2(\text{хий})) = -394$ кЖ/моль

3. 1 кг устөрөгч шатахад дараах төхөөрөмжийн гүйцэтгэх хамгийн их ажлыг тооцоол:

а) устөрөгчийн түлшний элементэд холбогдсон цахилгаан мотор;

б) 25 °C-аас 300 °C-ийн хооронд ажилладаг дулааны машин.

$T_{\text{хүйтэн}}$-ээс $T_{\text{халуун}}$ хүртэлх температурын хооронд ажилладаг идеал дулааны машины ашигт үйлийн коэффициент нь $1 - T_{\text{хүйтэн}} / T_{\text{халуун}}$-тай тэнцүү.

$S°_{298}(H_2(\text{хий})) = 131$ Ж/(К·моль)

$S°_{298}(O_2(\text{хий})) = 205$ Ж/(К·моль)

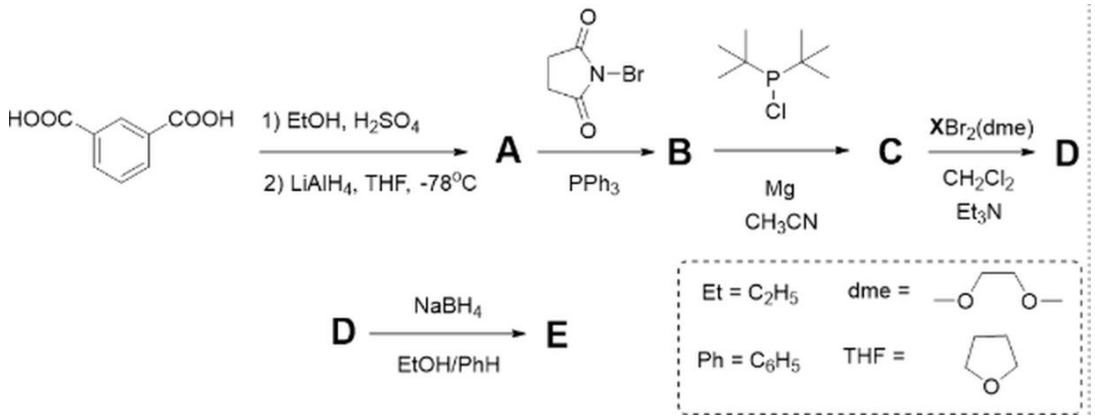
$S°_{298}(H_2O(\text{шингэн})) = 70$ Ж/(К·моль)

4. Түлшний элементийн чадал 1 Вт, хүчдэл нь стандарт потенциалын зөрүүтэй (стандарт ЦХХ-тэй) тэнцүү бол 1 кг устөрөгчөөр цахилгаан мотор ямар гүйдлийн хүчээр, хэдий хугацаанд ажиллах вэ?

Бодлого 19. Металл — найдвартай катализатор (Tier −3)

Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт «Problem 8»)

X металл зэврэлтэд өндөр тэсвэртэй, цахилгаан маш сайн дамжуулдаг тул зэвэрдэггүй ган, батерей, электроникийн үйлдвэрлэлд өргөн хэрэглэгддэг. **X**-ийн комплексууд катализаторын сонирхолтой шинж чанартай. Нэгэн **E** комплексийг доор үзүүлсний дагуу гарган авч болно.



19.1. Дараах мэдээллийг ашиглан **X** металл болон **A**–**G** нэгдлүүдийг тодорхойл:

i. **B→C** шилжилтийн үед ^{1}H ЦСР спектрт 1,06 ppm-д нэг шинэ дохио нэмэгдэн гарч ирдэг.

ii. **D**-д $\omega(X)_D$ = 11,04%, $\omega(Br)_D$ = 15,05%.

iii. **E**-ийн ^{1}H ЦСР спектрт химийн шилжилт нь −10,29 ppm байх дохио болон ароматик мужид хоёр дохио байдаг.

iv. **E**-д бром агуулагдахгүй.

v. **G** нь **F** металлын исэл ($\omega(O)_G$ = 14,08%; **F** нь үелэх системд **X**-тэй нэг бүлэгт байрладаг). **G**-г нийлэгжилд устөрөгчжүүлэх катализатор болгон өргөн хэрэглэдэг.

Хэрэв **X** *металлыг олж чадаагүй бол* **D** *ба* **E**-*д түүний тэмдэг болгон* **X**-*г ашигла.*

19.2. **E** дэх **X**-ийн координацын тоог (К.Т.) тодорхойл. Кристалл орны онолыг ашиглан **E** дэх **X** металлд тохирох энергийн диаграммыг (зөвхөн нэгийг) сонгож бөглө.

E комплекс CO_2-тай урвалд орж **H**-г үүсгэдэг.

19.3. a) **E** ба **H**-д **X**-ийн К.Т. ижил бөгөөд **E**-ийн ^{1}H ЦСР спектр дэх −10,29 ppm-ийн дохио **H**-ийн спектрт 8,62 ppm руу шилждэг бол **H**-ийн бүтцийг зур. b) Урвалын тэгшитгэлийг бич.

CO_2-ыг барьж авах үйлдвэрт **E** комплексийг гидрокарбонат хэлбэрээрх CO_2-ыг **Z** нэгдэл болгон хувиргах катализаторын мөчлөгт ашиглаж болно:

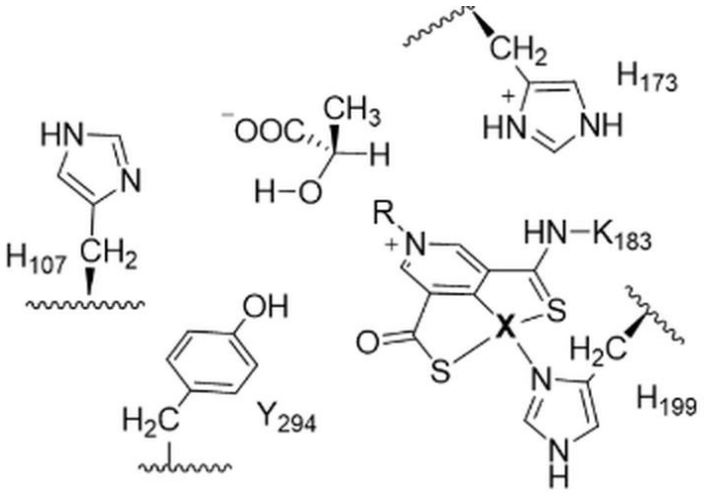
$$NaHCO_3 + H_2 \xrightarrow[MeOH]{0{,}0125\ \text{mol \%}\ \mathbf{E}} \mathbf{Z} + H_2O$$

19.4. a) **Z**-г ол, b) урвалын тэгшитгэлийг бич.

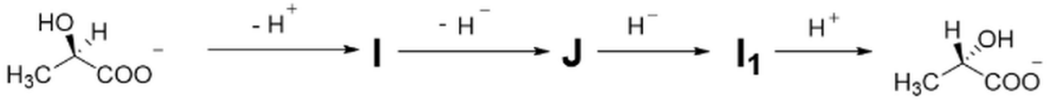
Сырдарьягийн цахилгаан станцын (Узбекистаны хамгийн том дулааны цахилгаан станц) суурилагдсан хүчин чадал хоногт 3215 МВт·ц юм. Дулааны цахилгаан станцад энерги гаргадаг гол химийн процесс нь нүүрсний шаталт гэж үз.

19.5. Станцын ажиллагааны явцад үүссэн бүх CO_2-ыг **Z** болгон хувиргахад шаардлагатай **X** металлын хэмжээ *N*-ийг (тонн/жил) тооцоол (**E**-ийн дахин ашиглалтыг тооцохгүй). $\Delta_f H°(CO_2) = -393{,}5$ кЖ/моль.

X-ийн катализаторын системүүд байгальд үр ашигтай ажилладаг. *LarA* нь сүүний хүчлийг рацемчлах үүрэгтэй фермент бөгөөд түүний идэвхт төвд **X** нь **E**-ийнхтэй төстэй орчинд байрладаг:



Саяхан рацемчлал нь лактат ионоос *LarA*-ийн идэвхт төв рүү протонтой хосолсон гидрид шилжих замаар явагдаж болно гэж санал болгосон. Формал механизм нь:

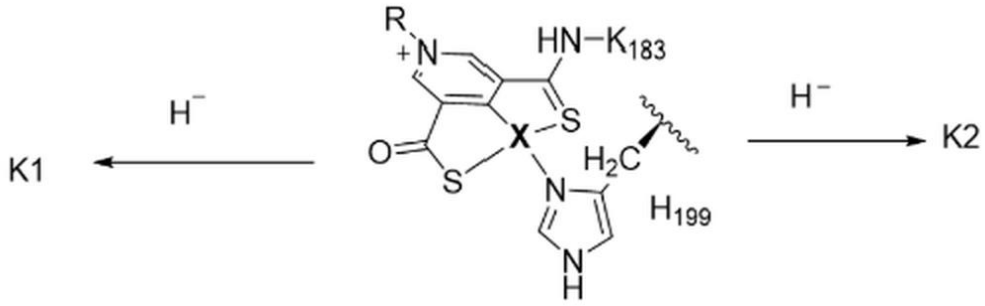


19.6. Лактатаас протон салгадаг аминхүчлийн үлдэгдлийн дугаарыг бич.

19.7. $\mathbf{I}_1$-д протон өгдөг аминхүчлийн үлдэгдлийн дугаарыг бич.

19.8. **J** анион тэгш хэмийн хавтгайтай, зэргэлдээ хоёр C=O холбоотой бол **I**, **J**, $\mathbf{I}_1$-ийг тодорхойл.

X металл бүхий хэсэг рүү гидрид шилжих хоёр боломжит замыг санал болгосон: ароматик шинжийг алдагдуулах ($\mathbf{K}_1$ бүтэц) эсвэл металлын геометрийг тетрагональ пирамид болгон өөрчлөх ($\mathbf{K}_2$ бүтэц).



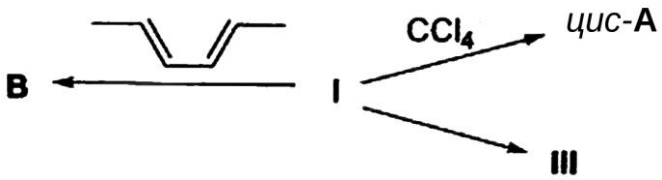
19.9. $\mathbf{K}_1$ ба $\mathbf{K}_2$-ийн бүтцийг зур.

Бодлого 20. Ер бусын нүүрсустөрөгч (Tier +3)

Эх сурвалж: Оросын олимпиадын бодлого (Задача I-1)

Гомологууд гэдэг нь нэг ангийн нэгдэлд хамаарах, найрлагаараа бие биеэсээ нэг буюу хэд хэдэн CH_2 бүлгээр ялгаатай бодисууд юм. Дүрмээр бол тэд ижил төстэй урвалын идэвхтэй байдаг ч үл хамаарах тохиолдол бий.

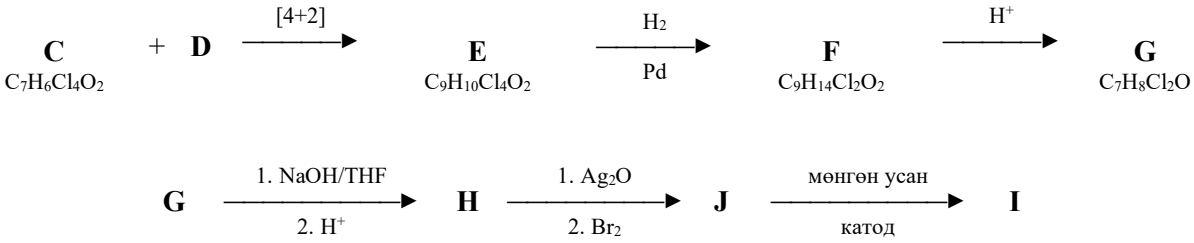
1974 онд J. Casanova ба H. Rogers сонирхолтой химийн шинж чанартай ер бусын **I** нүүрсустөрөгчийг нийлэгжүүлжээ. Энэ нь агаарт амархан исэлддэг, CCl_4-тэй (*цис*-**A** бүтээгдэхүүн), мөн (2*E*,4*E*)-гексадиен-2,4-тэй (**B** бүтээгдэхүүн) урвалд ордог. Хадгалах явцад **I** нь **III** нүүрсустөрөгч болон хувирдаг ($k = 3{,}79 \cdot 10^{-2}$ л·моль$^{-1}$·с$^{-1}$, 20,8 °C). Эдгээр бүх урвал бага температурт явагддаг бөгөөд ямар нэг катализатор, инициатор шаарддаггүй. Гэвч түүний гомолог **II** ийм харилцан үйлчлэлд ордоггүй болох нь тогтоогдсон.



20.1. **I** ба **II**-ийн молекулын томьёог тодорхойл. **I** ба **II**-ийн молийн масс 28 а.м.н.-ээр ялгаатай, **II**-ийн молийн масс **I**-ийнхээс 1,35 дахин их болох нь мэдэгдэж байна. *(1 оноо)*

20.2. **I**-ийн ^{13}C ЦСР спектрт 2 дохио, **II**-ийн ^{1}H ЦСР спектрт эрчмийн харьцаа нь 1 : 2 байх 2 дохио байдаг бол **I** ба **II**-ийн **боломжит бүх** бүтцийг санал болго. *(3 оноо)*

I-ийг дараах схемийн дагуу нийлэгжүүлсэн:



20.3. **C** нь лабораторид C_5Cl_6-г KOH/MeOH-тэй урвалд оруулж гарган авдаг (гарц 77%) карбоцикл диен, **F** бодисын молекулууд энантиомер ч, диастереомер ч үгүй бол **C**–**J**, **I** ба **II**-ийн бүтцийг зур. *(3 оноо)*

J бодис цайртай урвалд ордоггүй, харин түүнийг 8 дахин илүүдэл натритай боловсруулахад **IV** нүүрсустөрөгч үүсдэг. Сүүлийнх нь **I** ба *in situ* үүсэх түүний **V** изомерын харилцан үйлчлэлийн бүтээгдэхүүн юм. Лабораторид **V**-г ихэвчлэн ^{1}H ЦСР спектрт нэг дохиотой өөр нэг **VI** нүүрсустөрөгчийг димержүүлэх замаар нийлэгжүүлдэг.

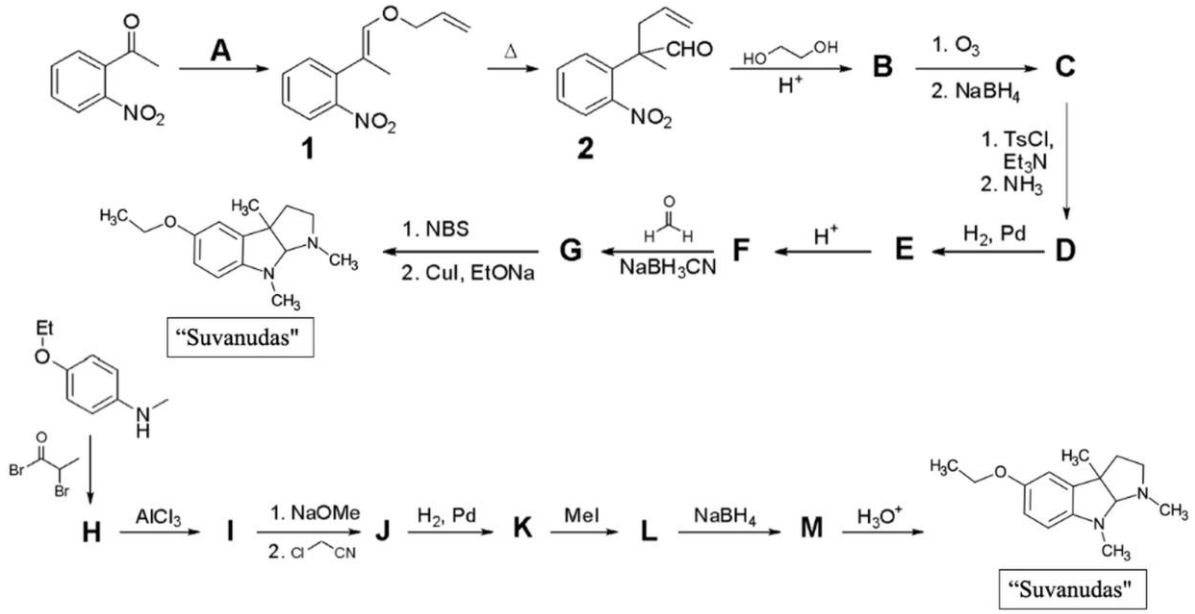
20.4. **IV**, **V**, **VI**-ийн бүтцийг зур. *(1,5 оноо)*

20.5. *цис*-**A**, **B**, **III**-ийн бүтцийг зур. **I** ба **III**-ийг озонолизод оруулахад нэг ижил бүтээгдэхүүн үүсдэгийг анхаар. *(1,5 оноо)*

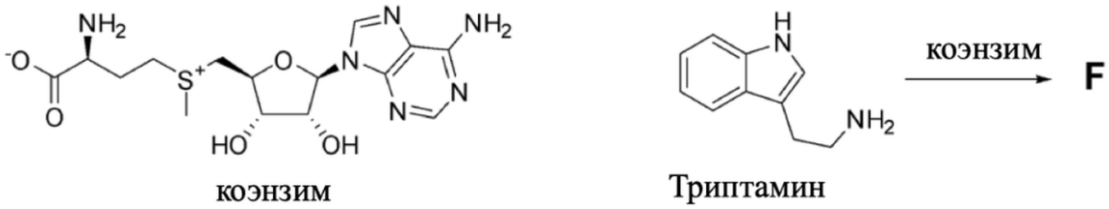
Бодлого 21. «Suvanudas» нэгдлийн нийлэгжил (Tier +3)

Эх сурвалж: тодорхойгүй (эх бичвэрт 3-р бодлого) · 7 оноо

«**Suvanudas**» органик бодис нь ягаан өнгө үүсгэдэг бөгөөд уг нэгдлийг дараах 2 схемээр гарган авдаг.



3 цагираг бүхий **F** нэгдлийг триптаминаас метилжүүлдэг коэнзимээр гарган авдаг:



21.1. A–**M** нэгдлүүдийн бүтцийг зур.

21.2. «**Suvanudas**» нэгдлийн стереоизомерийг зурж, нэрлэнэ үү.

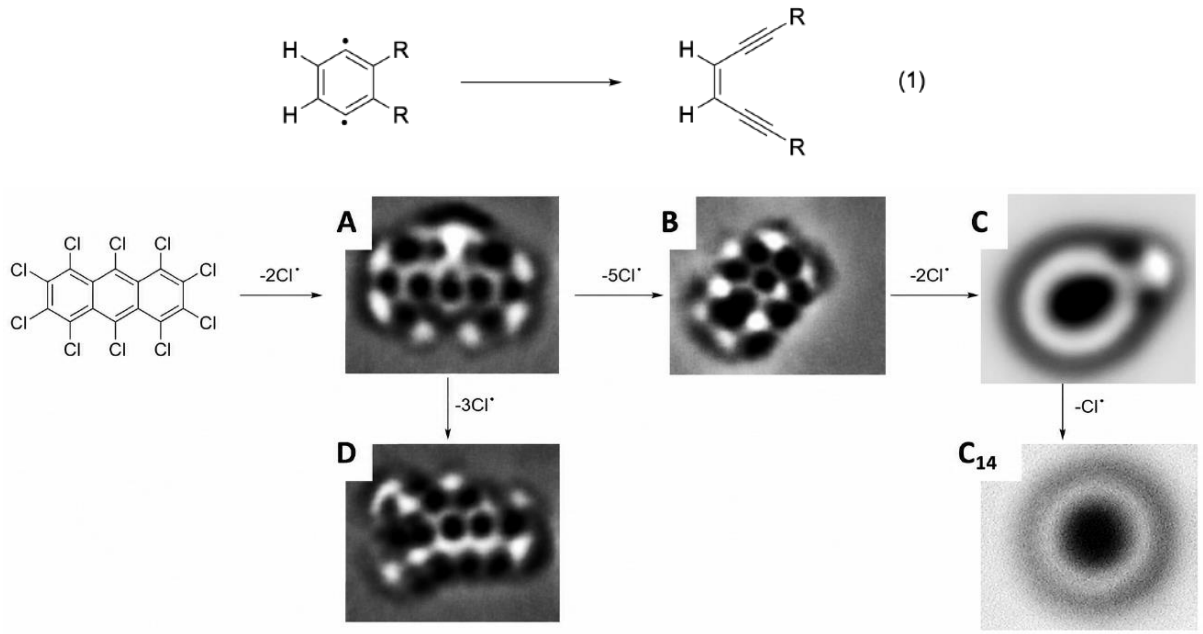
Бодлого 22. Нүүрстөрөгчийн нано цагиргууд (Tier −2)

Эх сурвалж: ОУХО-58, 2026, Узбекистан (онолын 6-р бодлого)

2019 онд нүүрстөрөгчийн аллотропын шинэ анги болох цикло[n]нүүрстөрөгчийн (C_n) анхны төлөөлөгч C_{18}-ыг илрүүлсэн. Циклонүүрстөрөгчид нь цагирагийн хүчдэлийн энерги өндөртэй, тогтвор багатай, зөвхөн нүүрстөрөгчөөс тогтсон нэг цагирагт нэгдлүүд юм. Тэдгээрийг холбоог ялгах атомын хүчний микроскопоор (AFM) гарган авч, судалж болно. Циклонүүрстөрөгчид π-системээсээ шалтгаалсан сонирхолтой ароматик шинж чанартай. C_{13} нь триплет ($^3C_{13}$, спин $S = 1$) ба синглет ($^1C_{13}$, спин $S = 0$) хэлбэртэй.

22.1. Хюккелийн дүрэмд үндэслэн C_{18}, C_{16}, $^3C_{13}$, $^1C_{13}$ тус бүрд байх өөр өөр ароматик (**А**) ба антиароматик (**АА**) π-системийн тоог хүснэгтэд **<u>бөглө</u>**. **Бүх хоосон нүдийг бөглө.** *(10,0 оноо)*

Хожим нь цикло[n]нүүрстөрөгч C_{10}, C_{12}, C_{14}, C_{20}, C_{26}-г гадаргуу дээр галогенгүйжүүлэх ба ретро-Бергманы (1) урвалыг хослуулан гарган авсан. C_{14}-ийг нийлэгжүүлэх явцад авсан AFM зургуудыг доор үзүүлэв:

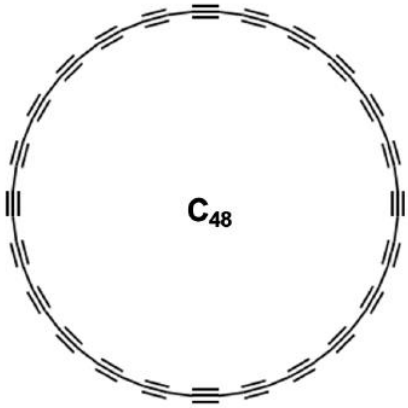


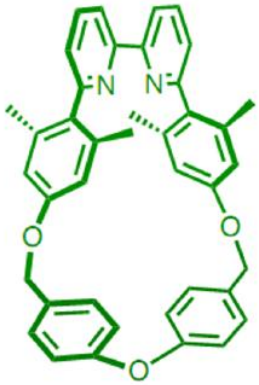
22.2. B–**D** бүтцийг **<u>зур</u>**. Тэдгээр нь нэг буюу хэд хэдэн хосгүй электрон агуулж болохыг анхаар. **А**-гийн бүтцийг жишээ болгон өгөв. *(11,0 оноо)*

22.3. C_n-ийг AFM-ээр нийлэгжүүлэхэд өгөх хүчдэл харилцан адилгүй байж болно. Өгөгдсөн C–X холбооны энергийг ашиглан, электронд 2,5 В хүчдэл үйлчлэх үед ретро-Бергманы урвалаар C_{18} нийлэгжүүлэхэд хэрэглэх галогенжсэн урвалжид байж болох галогеныг (галогенуудыг) **<u>сонго</u>**. *(2,0 оноо)*

Холбоо (C–X)	Холбооны диссоциацийн энерги / кЖ моль$^{-1}$
C–F	467
C–Cl	346
C–Br	290
C–I	228

2025 онд харьцангуй тогтвортой анхны цикло[48]нүүрстөрөгчийг нийлэгжүүлсэн. Уг молекулыг **E** макроциклтэй катенан үүсгэх (цагиргууд гинжний цагираг шиг хоорондоо сүлбэлдэх) замаар тогтворжуулсан бөгөөд анх эрэг горимын электрошүршилтийн масс-спектрометрээр тодорхойлсон.





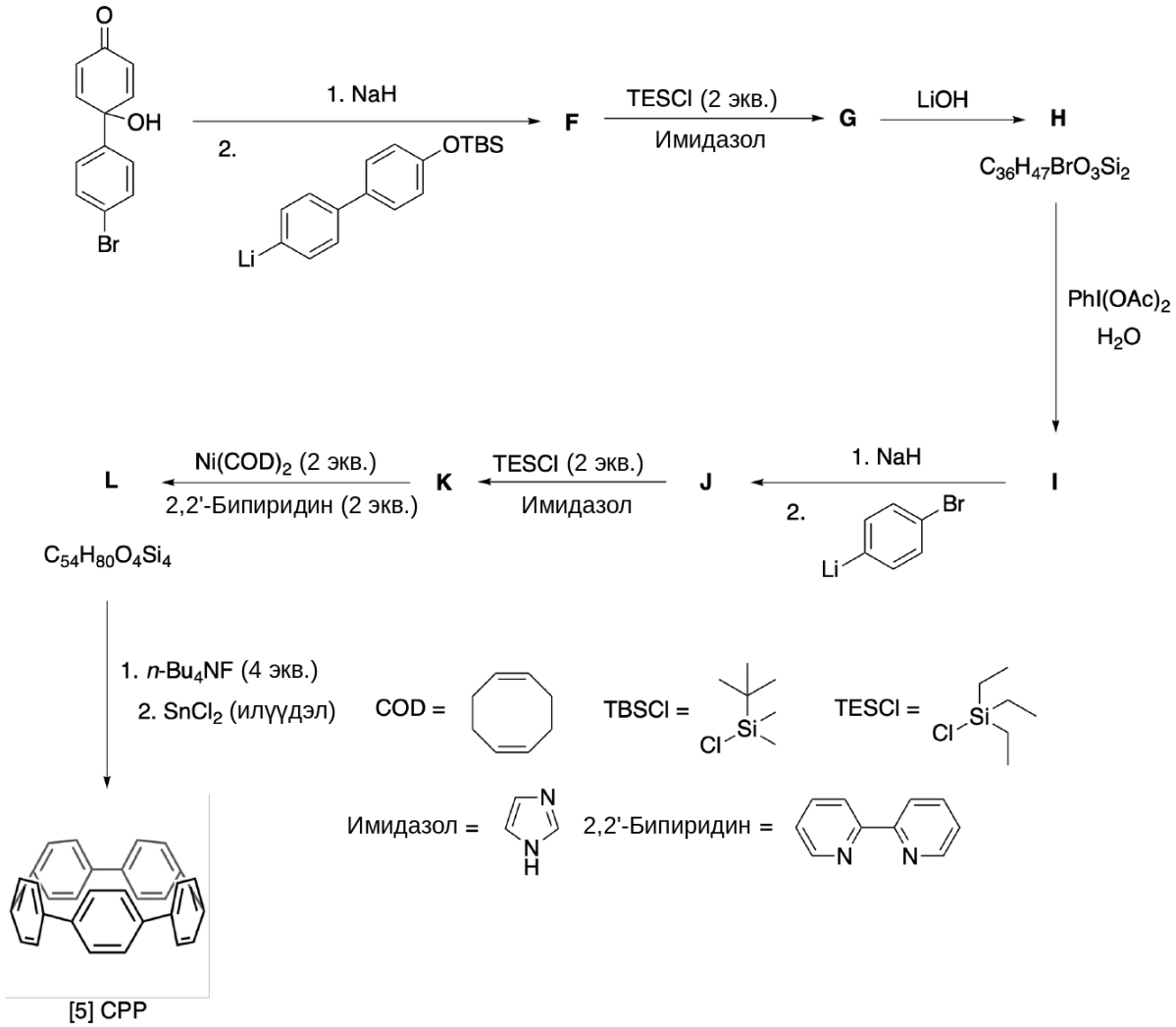
E

$C_{40}H_{34}N_2O_3$

22.4. Гарсан масс-спектрт *m/z* 591, 783, 879, 1174 гэсэн эрчимтэй дөрвөн пик ажиглагдсан. Эдгээр ион юу болохыг **тодорхойл**. Атомын массын бүхэл утгыг **ашигла**, фрагментаци явагдаагүй гэж **уз**. *m/z* = 591-д харгалзах ионыг жишээ болгон өгөв. *(12,0 оноо)*

Циклопарафенилен (CPP) нь нүүрстөрөгчийн нано цагираг (nanohoop) гэж нэрлэгддэг, цагирагийн хүчдэл өндөртэй бас нэг цагираг молекул юм. Мэдэгдэж буй хамгийн жижиг

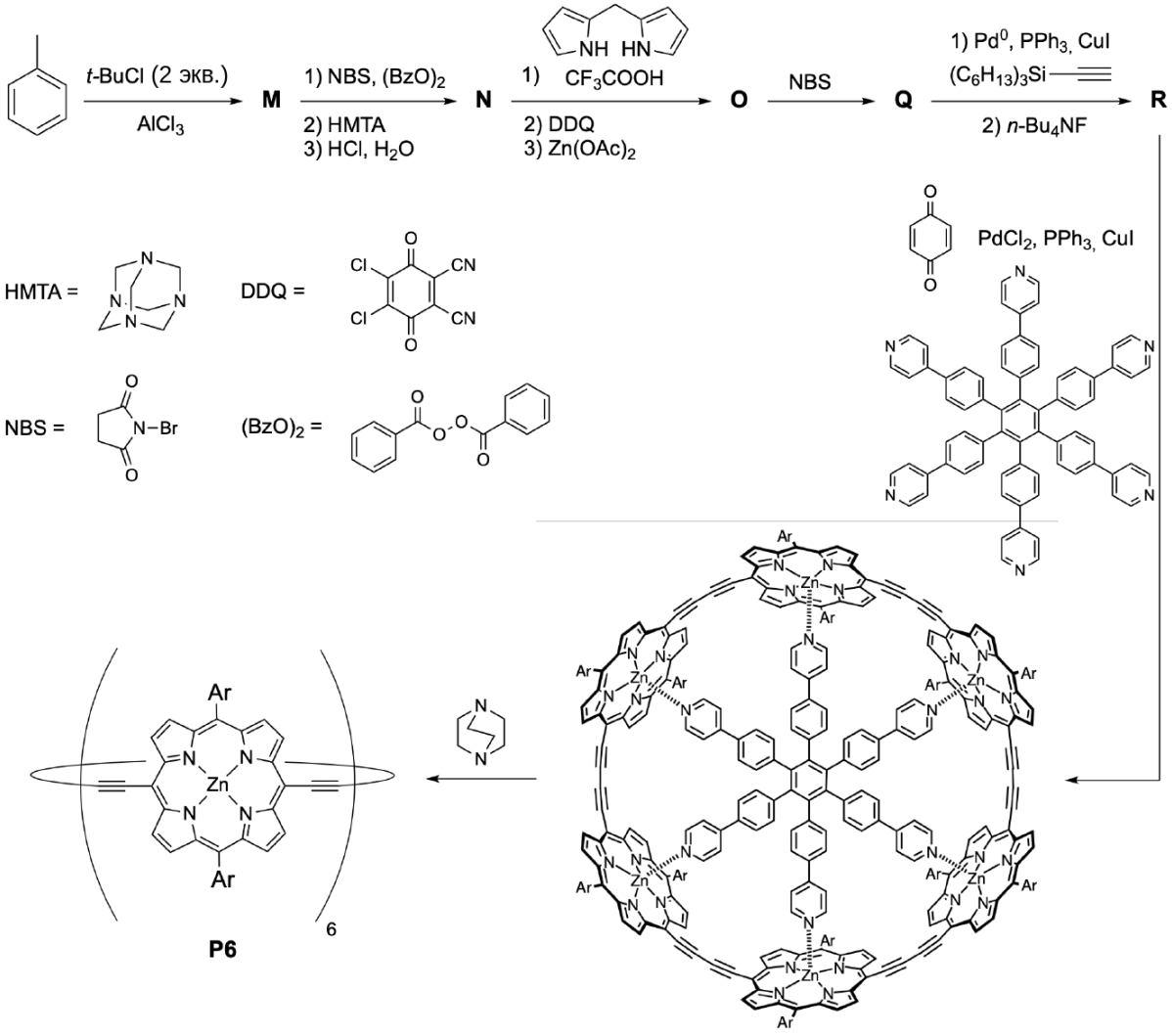
төлөөлөгч болох [5]CPP-ийн нийлэгжилтийг доор үзүүлэв. Энд $PhI(OAc)_2$ нь хоёр электроны исэлдүүлэгч болно.



(экв. = эквивалент)

22.5. F–L-ийн бүтцийн томьёог **<u>зур</u>**. *(24,0 оноо)*

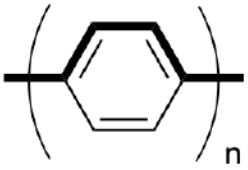
Дараагийн үеийн нано бүсүүдийг порфирины цагираг ба гурвалсан холбооноос темплат синтезийн аргаар бүтээсэн. *Санамж:* **M** нь термодинамикийн бүтээгдэхүүн бөгөөд дөрвөн төрлийн протонтой.



(экв. = эквивалент)

22.6. M–**R**-ийн бүтцийн томьёог **<u>зур</u>**. *(20,0 оноо)*

Ароматик цагиргууд холбогдон макроцикл үүсгэх үед исэлдэх эсвэл ангижрах замаар глобал ароматик шинж үүсэж болох бөгөөд энэ үед π электронууд бүхэл макроциклийн дагуу делокалчлагдана. Цагирагийг тойрсон тасралтгүй коньюгацилагдсан замыг бүрдүүлж буй π систем л энэ делокалчлалд оролцоно. Жишээлбэл, [n]CPP-үүд электрон нэмэх эсвэл салгахад глобал ароматик болж чадна. π электроны тоог зөвхөн доор тодоор үзүүлсэн замын дагуу тоолно.



P6 исэлдэхдээ глобал ароматик ба глобал антиароматик шинжийг үзүүлж болно.

22.7. Хюккелийн дүрэмд үндэслэн глобал ароматик шинж үүсгэхийн тулд **Р6**-аас салгах шаардлагатай электроны хамгийн бага тоо $n(e)$-г **ол**. Глобал ароматик систем дэх π электроны нийт тоо $n(t)$-г **бич**. *(4,0 оноо)*

Бодлого 22. Хариултын хуудас

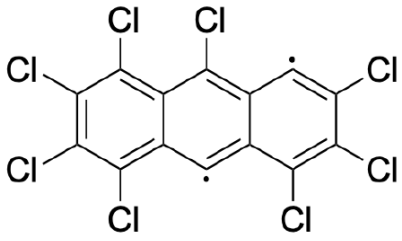
Эх сурвалж: ОУХО-58, 2026, Узбекистан (онолын 6-р бодлогын хариултын хуудас)

22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	∑
10	11	2	12	24	20	4	83

22.1 (10,0 оноо)

	C_{18}	C_{16}	$^3C_{13}$	$^1C_{13}$
A				
AA				

22.2 (11,0 оноо)

A 	**B**
C	**D**

22.3 (2,0 оноо)

X = _____

22.4 (12,0 оноо)

m/z	**591**	**783**	**879**	**1174**
Ион	[**E** + H]$^+$			

22.5 (24,0 онов)

F	**G**
H	**I**

22.5 (үргэлжлэл)

J	**K**
L	

22.6 (20,0 оноо)

M	**N**
O	**Q**

22.6 (үргэлжлэл)

R

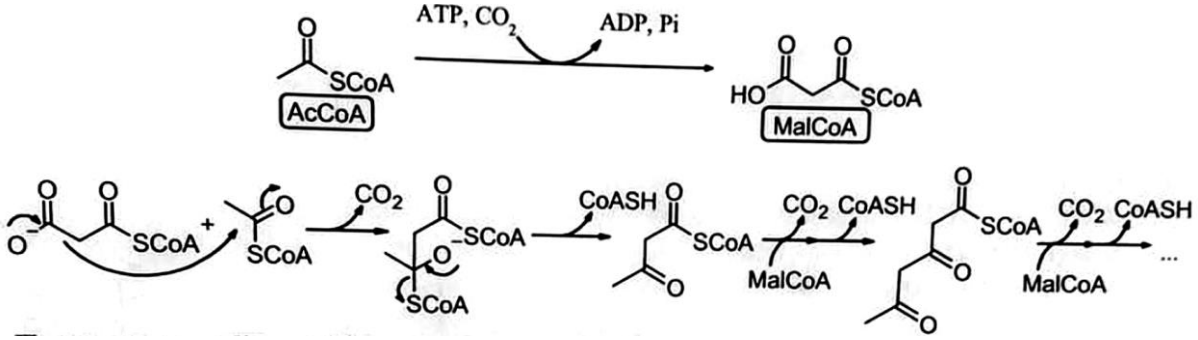
22.7 (4,0 оноо)

$n(e)$	
$n(t)$	

Бодлого 23. Поликетидын нийлэгжил (Tier −2)

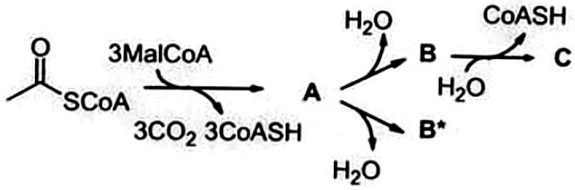
Эх сурвалж: Олон улсын Менделеевын 60-р олимпиад, 2026, онолын II шат (Задача II-15)

Поликетидын нийлэгжил гэдэг нь цагираг болон олон цагирагт нэгдлүүд (үүнд ароматик нэгдлүүд орно), мөн липидийн шинжтэй бүтцүүд нийлэгждэг бодисын солилцооны зам юм. Поликетидын нийлэгжлийн үндэс болох урвал нь доорх схемд үзүүлсний дагуу ацетил-кофермент-А (AcCoA) ба малонил-кофермент-А (MalCoA)-аас β-кетокарбоксилын хүчил үүсэх явдал юм.



Тайлбар: ATP ба ADP нь харгалзан аденозинтрифосфат ба аденозиндифосфат; Pi нь органик бус фосфат.

Цаашид поликетидууд олон удаагийн молекул доторх конденсацад орж болно. Энэ зам нь антиоксидант шинж чанартай ароматик хүчил (**C**)-ийн нийлэгжлийн үндэс болдог.



23.1. **C** нь 8 төрлийн нүүрстөрөгчийн атом агуулдаг бол **A**–**C** ба **B∗**-ийн бүтцийг зур. *(2,5 оноо)*

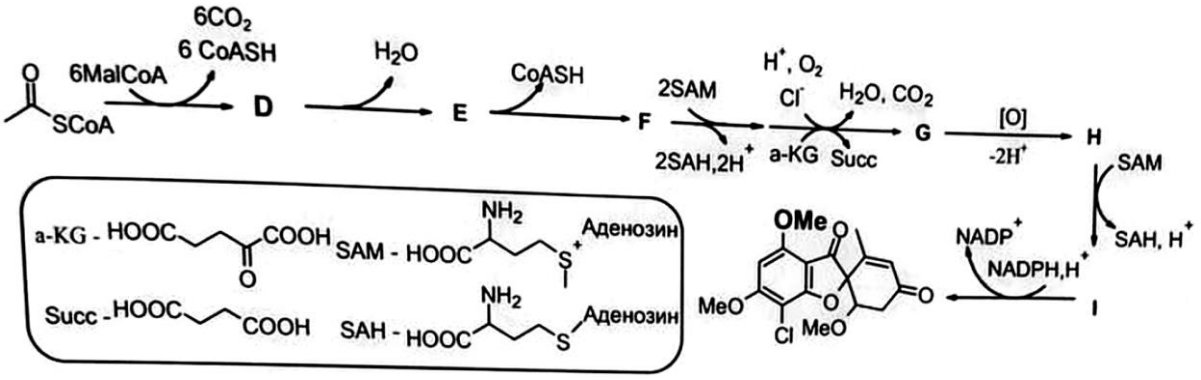
23.2. Фотосинтез хийх чадваргүй, глюкозыг зөвхөн гликолизын замаар задалдаг эсүүдийг дараах орчинд байрлуулахад **C** нэгдлийн аль байрлалд, ямар магадлалтай (*p*) ^{13}C-шошго илрэх вэ (бүтцийг хариултын хуудсанд зур)? *(1,5 оноо)*

a) ^{13}C-ээр шошгологдсон CO_2 бүхий орчинд;

b) бүхэлдээ ^{13}C-ээр шошгологдсон глюкоз бүхий орчинд;

c) 2-р байрлалдаа ^{13}C-шошготой глюкоз бүхий орчинд.

Поликетидын конденсацын өөр нэг жишээ бол арьсны эпидермисийн эвэрлэг давхаргад хуримтлагдах чадвартай мөөгөнцрийн эсрэг эмийн нийлэгжил юм (эцсийн бүтцийг доорх схемд үзүүлэв).

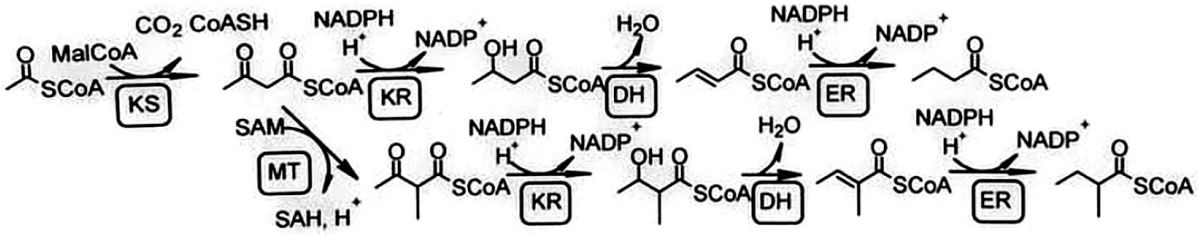


23.3. Эцсийн бүтцэд хамгийн сүүлд үүсдэг метокси бүлгийг тод үсгээр тэмдэглэсэн бол **D**–**I**-ийн бүтцийг зур. *(4,5 оноо)*

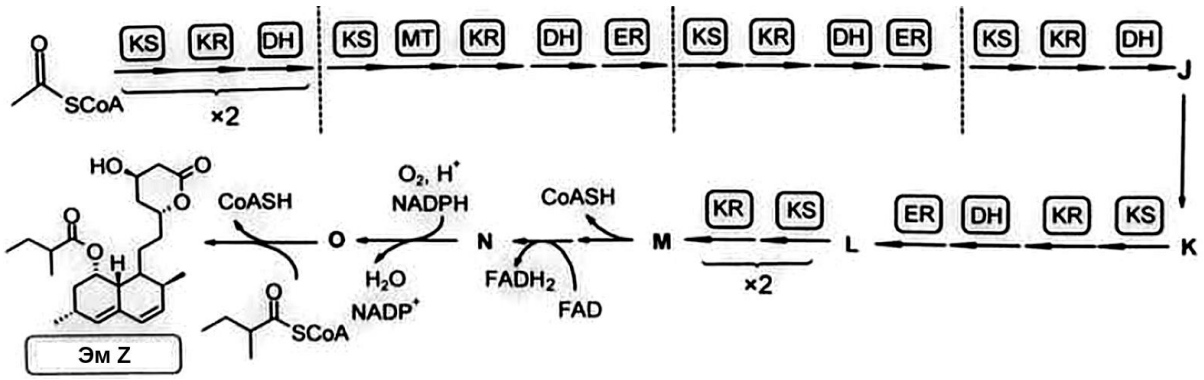
Санамж: Эцсийн бүтцэд хамгийн урт нүүрстөрөгчийн гинжийг тодруулах нь бодоход тус болно.

Тайлбар: NADPH ба $NADP^+$ нь никотинамидадениндинуклеотидфосфатын харгалзан ангижирсан ба исэлдсэн хэлбэр; NADH ба NAD^+ нь никотинамидадениндинуклеотидын харгалзан ангижирсан ба исэлдсэн хэлбэр; FAD ба $FADH_2$ нь флавинадениндинуклеотидын харгалзан исэлдсэн ба ангижирсан хэлбэр.

Поликетидыг хувиргах өөр нэг хувилбар бол тэдгээрийг ханасан эсвэл олон ханаагүй бүтэц хүртэл ангижруулах явдал юм. Заримдаа энэ процесс метилжилттэй дагалдан явагддаг (энд болон цаашид ферментийг хоёр үсгээр тэмдэглэв).

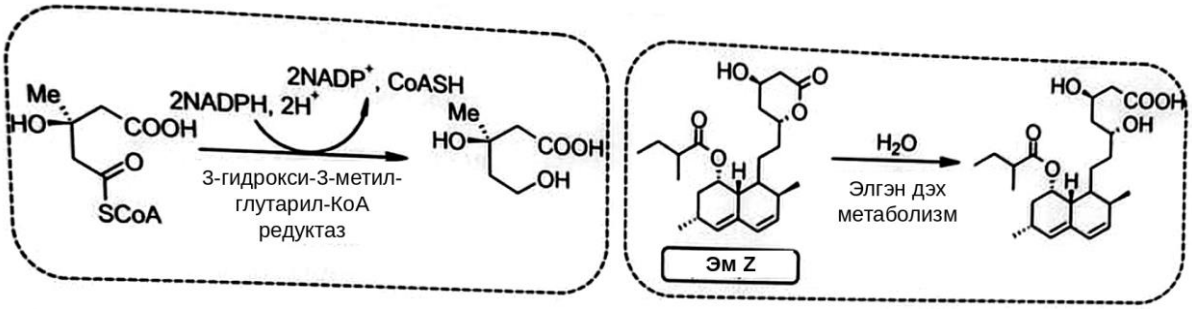


Энэ зам нь липидийн уламжлалууд үүсэхэд хүргэдэг. Жишээлбэл, холестерины түвшинг бууруулдаг **Z** эм ийм замаар нийлэгждэг.



23.4. K нь хоёр цагирагт нэгдэл бол **J**–**O**-ийн бүтцийг зур. *(4,5 оноо)*

Z эмийг хэрэглэх нь холестерины биосинтезийн гол фермент болох β-гидрокси-β-метилглутарил-КоА-редуктаз (ГМГ-редуктаз)-ын идэвхийг түр бууруулдаг. Иймээс **Z**-г холестерины түвшинг бууруулахад хэрэглэдэг.



23.5. Зөв бүх шинж чанарыг сонгож **Z** эмийг ингибиторын хувьд тодорхойл: *(2 оноо)*

a) **Z** нь ГМГ-редуктазын буцах ингибитор

b) **Z** нь ГМГ-редуктазын буцахгүй ингибитор

c) **Z** – өрсөлдөх (competitive) ингибитор

d) **Z** – өрсөлдөхгүй (noncompetitive) ингибитор

e) **Z** – өрсөлдөх бус (uncompetitive) ингибитор

f) элгэн дэх метаболизмын явцад **Z** идэвхждэг

g) элгэн дэх метаболизмын явцад **Z** идэвхгүйждэг

h) **Z**-ийн хагас ялгарах хугацаа түүний метаболитынхоос урт

i) **Z**-ийн хагас ялгарах хугацаа түүний метаболитынхоос богино

Бодлого 24. Цаг хугацаагаар аялал: Ибн Синагийн нууц (Tier 2)

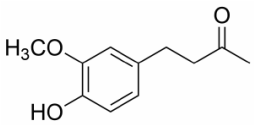
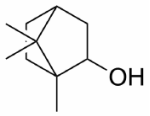
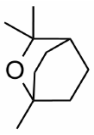
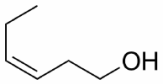
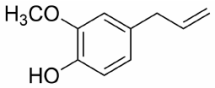
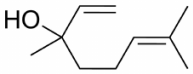
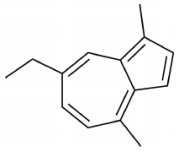
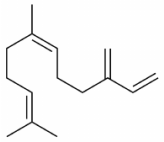
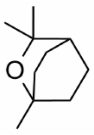
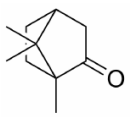
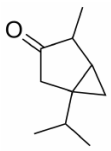
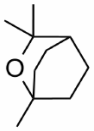
Эх сурвалж: ОУХО-58, 2026, Узбекистан (онолын 1-р бодлого)



Нэгэн химич XI зуунд очиж, алдарт эмч Ибн Сина (Авиценна)-тай уулзжээ. Ибн Синагийн лабораторид тэрээр цэнхэр өнгийн эликсир болон шар өнгийн нууцлаг чулуу олж, тэдгээрийг 2026 он руу авчирчээ. Тэдгээрийн найрлагыг тогтоохоор шийдсэн химич судалгаагаа эхлүүлэв.

1-р хэсэг. Цэнхэр эликсир

Эхлээд химич Ибн Синагийн лабораторид харсан, эликсир бэлтгэхэд хэрэглэгдсэн байж болох цорын ганц дөрвөн ургамлын нэр, мөн эдгээр ургамлаас ялгаж авч болох нэгдлүүдийг хүснэгтэд жагсаав.

Ургамал	Ялгаж авч болох нэгдлүүд		
Zingiber	 **1** ($C_{11}H_{14}O_3$)	 **2** ($C_{10}H_{18}O$)	 **3** ($C_{10}H_{18}O$)
Hypericum	 **4** ($C_6H_{12}O$)	 **5** ($C_{10}H_{12}O_2$)	 **6** ($C_{10}H_{18}O$)
Chamomilla	 **7** ($C_{14}H_{16}$)	 **8** ($C_{15}H_{24}$)	 **3** ($C_{10}H_{18}O$)
Artemisia	 **9** ($C_{10}H_{16}O$)	 **10** ($C_{10}H_{18}O$)	 **3** ($C_{10}H_{18}O$)

Хроматографийн аргаар тэрээр эликсир дөрвөн өөр бодисоос (**X**, **Y**, **Z**, **W**) тогтдогийг тодорхойлсон.

Дараа нь химич **X** нь хүчиллэг орчинд **Y** болж изомержиж чаддаг, **Y** нь тэгш хэмийн хавтгайтай болохыг илрүүлсэн.

24.1. X ба **Y**-ийг **тодорхойл**. *(3,0 оноо)*

Мөн хроматографиар эликсирт цэнхэр өнгө өгдөг бодис нь **Z** болох нь тогтоогдсон. **Z** нь хоорондоо перпендикуляр хоёр тэгш хэмийн хавтгайтай, алдартай **A** бодисын уламжлал юм. Халаахад **A** нь харилцан перпендикуляр гурван тэгш хэмийн хавтгайтай **B** ароматик нэгдэл болж изомерждэг. **Z** бодисыг хлоржуулахад масс-спектрт *m/z* 218 ба 220-д харгалзан 3 : 1 эрчмийн харьцаатай хос пик ажиглагддаг.

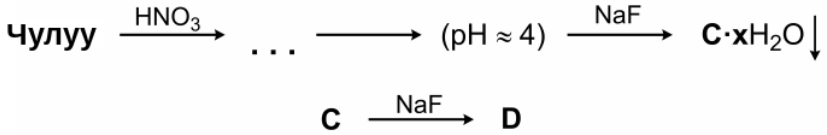
24.2. Z-ийг **тодорхойл**, **A** ба **B** бодисын бүтцийн томьёог **зур**. *(4,0 оноо)*

Химич эликсирээс **W**-г ялгаж авав. **W**-г Fe^{3+}-ийн усан уусмалд нэмэхэд өнгө нь онцлог байдлаар өөрчлөгдсөн. **W**-ийн масс-спектрийн шинжилгээгээр $[M]^+ : [M + 1]^+ = 9 : 1$ эрчмийн харьцаа илэрсэн (M нь молекулын ион). Нүүрстөрөгч зөвхөн ^{12}C ба ^{13}C изотопоос тогтоно, ^{12}C-ийн байгаль дахь тархалт 98,9%, бусад бүх элемент моноизотоп гэж үз.

24.3. Масс-спектрийн өгөгдлөөс нүүрстөрөгчийн атомын тоог (*n*) **тодорхойлж**, **W**-г **тогтоо**. Тооцооллоо **харуул**. *(3,0 оноо)*

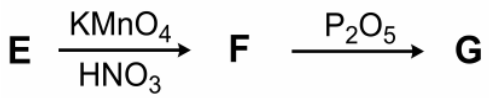
2-р хэсэг. Нууцлаг чулуу

Ибн Сина түүнд энэ **чулуу** нь стехиометрийн нэгдэл гэж хэлжээ. Химич түүнийг шингэрүүлсэн азотын хүчилд уусгав. Дараа нь уусмалын pH-ийг ~4 болгож, NaF нэмэв. Ингэхэд массын хувиар 39,16% ус агуулсан $\mathbf{C}\cdot x\mathrm{H_2O}$ тунадас үүсэв. Усгүй **C** нь илүүдэл NaF-тай урвалд орж, массын хувиар 32,85% натри ба 12,85% **Q** металл агуулсан **D** нэгдлийг үүсгэдэг. **D**-г **Q** металлыг үйлдвэрлэлд гарган авахад хэрэглэдэг.



24.4. Q металл, $\mathbf{C}\cdot x\mathrm{H_2O}$ ба **D** нэгдлийг **тодорхойл**. *(4,0 оноо)*

Ибн Сина энэ **чулууг** нүүрсний ордоос олсон гэдгээ түүнд хэлжээ. **Чулуу** нь өндөр тэгш хэмтэй **F** хүчлийн анионыг агуулдаг. **F**-ийг P_2O_5-тай урвалд оруулахад массын хувиар 49,98% хүчилтөрөгч агуулсан, гурвалсан тэгш хэмийн тэнхлэгтэй хоёр элементийн **G** нэгдэл үүсдэг. **F**-ийг хүчиллэг уусмалд **E** нэгдлийг калийн перманганатаар исэлдүүлж гарган авч болно. **E** нь массын хувиар 11,18% устөрөгч агуулдаг бөгөөд зургаалсан тэгш хэмийн тэнхлэгтэй.



24.5. E, **F**, **G**-ийн бүтцийн томьёог **зур**. *(7,0 оноо)*

Дараа нь тэрээр **чулууг** задгай агаарт термогравиметрийн аргаар шинжилсэн. 10,00 г дээж ойролцоогоор 100 °C-д масс алдаж эхэлсэн бөгөөд 200 °C-д 5,75 г болоод зогссон. Хоёр дахь масс алдагдал 400 °C-д ажиглагдсан бөгөөд эцэст нь илүү өндөр температурт тогтмол хэвээр үлдэх 1,50 г **H** нэгдэл үлдсэн.

24.6. Термогравиметрийн өгөгдлийг ашиглан **чулуу** болон **H** нэгдлийн химийн томьёог **тодорхойл**. *(4,0 оноо)*

Бодлого 25. Мөнгөлөг цагаан таван энгийн бодис (Tier −1)

Эх сурвалж: зохиогчийн бодлого

Нэгэн хүү сурагч химичийн шалгалтаа өгөхийн тулд багшаасаа авсан хатуу төлөвийн таван энгийн бодисыг юу болохыг тодорхойлох ёстой байв. Тэдгээрийг **A**, **B**, **C**, **D**, **E** гэж тэмдэглэсэн бөгөөд харахад бүгд мөнгөлөг цагаан өнгөтэй байв. Сурагч дараах үр дүнг гаргажээ:

Урвалын №	Урвал	Бүтээгдэхүүн	Тайлбар
(1)	1,000 г **A** + $KClO_3$	**A1**	–
(2)	1,000 г **B** + илүүдэл O_2	**B1**	–
(3)	1,000 г **C** + илүүдэл O_2	**C1**	Цайвар шар өнгийн нунтаг үүссэн
(4)	1,000 г **D** + илүүдэл O_2	**D1**	Парамагнит **D1** нэгдэл үүссэн
(5)	1,000 г **E** + илүүдэл O_2	**E1**	Дэгдэмхий, хурц үнэртэй шингэн үүссэн

Шалгалтын материалд дараах мэдээллийг өгсөн:

- **A1** нэгдэлд (w(O) = 41,812%) төв атомын координацын тоо 6 бөгөөд **A** энгийн бодисыг голчлон хагас дамжуулагчийн үйлдвэрлэлд хэрэглэдэг.
- **B1** нь хоёр элементийн нэгдэл, w(O) = 14,092%.
- Сурагч **C** энгийн бодисын нягтыг хэмжихэд алтных бараг ижил гарсан.
- **D1** байгальд тохиолддог бөгөөд энэ эрдсийг нээсэн нь хүн төрөлхтний хөгжилд асар их хувь нэмэр оруулсан.
- **E** ба **D** энгийн бодисууд үелэх системийн нэг бүлэгт байрладаг.
- **E1** ба **B1**-ийг органик химид өргөн хэрэглэдэг: харгалзан исэлдүүлэх болон ангижруулах урвалын катализатор болгон.

25.1. **A**–**E**-г тодорхойл. Таамаглалаа бичиж, тооцоогоор баталгаажуул.

25.2. **A1**–**E1**-г тодорхойл. Таамаглалаа бичиж, тооцоогоор баталгаажуул.

25.3. (1)–(5) урвалын тэгшитгэлийг бич.

25.4. Сурагч хүү үү, охин уу?

25.5. **B1** нь хэний нэрээр нэрлэгдсэн катализатор вэ?

25.6. **E1**-ийг ямар органик урвалд хэрэглэдэг вэ?

☐ Финкельштейны урвал

☐ Барбьегийн холболт

☐ Шарплессийн асимметр дигидроксилжилт

☐ Ноёригийн устөрөгчжүүлэлт

☐ Аль нь ч биш