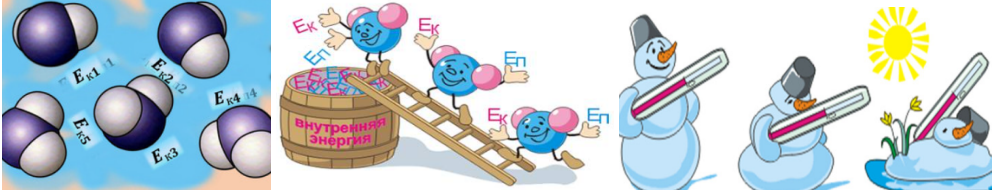


## БИЕИЙН ДОТООД ЭНЕРГИ, ТҮҮНИЙ ӨӨРЧЛӨЛТ

Биеийг бүрдүүлэгч атом молекулуудын эмх цэгцгүй хөдөлгөөний кинетик энерги, эдгээрийн харилцан үйлчлэлийн потенциал энергийн нийлбэрийг биеийн дотоод энерги гэнэ. Биеийн дотоод энергийн хэмжүүр нь температур байдаг.



Идеал хийн хувьд потенциал энерги  $E_n = 0$  тул нийт дотоод энерги  $NE_k$  болно.

Иймд

$$U = NE_k, \quad \nu = \frac{m}{\mu}, \quad N = \nu N_a \text{ тул}$$

$$N = \frac{m}{\mu} N_a$$

$$E_k = \frac{i}{2} kT$$

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT, \quad R = N_a k$$

Идеал хийн дотоод энерги нь температураас шууд хамаарна.

Үүнд  $i$ —чөлөөний зэрэг  $k$ —Больцманы тогтмол

Хийн атомуудын өөр хоорондоо хамааралгүй хөдөлгөөн хийх боломжийг илэрхийлсэн тоог чөлөөний зэрэг гэнэ. Жишээлбэл: Нэг атомт молекул нь  $x, y, z$  тэнхлэгүүдийн дагууд үл хамаарах давших хөдөлгөөн хийж чадах тул чөлөөний зэрэг нь  $i = 3$  байна.

Молекул нь нэг атомт бол чөлөөний зэрэг  $i = 3$ , хоёр атомт бол чөлөөний зэрэг  $i = 5$ . Хоёр атомт хийн хувьд давших хөдөлгөөний гурван зэргээс гадна уул хоёр атомын эргэлдэх хөдөлгөөний хоёр зэрэг нэмэгдэнэ.

Молекул нь гурав болон түүнээс олон атомтай бол чөлөөний зэрэг  $i = 6$  байна.

Молекулын нэг чөлөөний зэрэгт  $\frac{1}{2}kT$  хэмжээний энерги оногдохыг Ж.К.Максвелл, Л.Больцман нар баталжээ.

Дотоод энергийг янз бүрийн аргуудаар өөрчилж болно. Жишээлбэл:



Дотоод энергийг өөрчлөхийн тулд биеийн температурыг өөрчилье.

$$U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_1 \quad U_2 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_2$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad \Delta U - \text{дотоод энергийн өөрчлөлт}$$

Иймд дотоод энергийн өөрчлөлт нь:

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

байна.

Жишээ: 20 моль, 2 атомт  $27^{\circ}\text{C}$  температурт орших идеал хийн дотоод энергийг ол.

**БОДОЛТ:** Идеал хийн дотоод энергийг дараах томъёогоор олно.

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT, \quad \text{Энд молийн тоо } \nu = \frac{m}{\mu} \text{ тул дотоод энерги}$$

$$U = \frac{i}{2} \nu RT \quad \text{болно.}$$

2 атомт гэсэн тул чөлөөний зэрэг нь  $i = 5$ ,  $T = 300\text{K}$ ,  $\nu = 20$  моль  
Томъёонд мэдэгдэж буй утгуудыг орлуулбал:  $U = 124.7\text{кЖ}$  болно.

Жишээ: Затм даралттай, 8.31л эзлэхүүнтэй, 2 моль нэг атомт хийн дарелтыг 2.5 дахин, эзлэхүүнийг 2 дахин нэмэгдүүлжээ. Хийн дотоод энергийн өөрчлөлтийг ол.

**БОДОЛТ:** Нэг атомт идеал хийн дотоод энерги  $U = \frac{3}{2} \nu RT$  байдаг ба дотоод энергийн өөрчлөлт нь  $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$  байна. Иймд дотоод энергийн

өөрчлөлтийг олохын тулд эхний ба эцсийн төлөвийн температурыг мэдэх хэрэгтэй.

Хийн эхний төлөвийн температурыг  $P_1V_1 = \nu RT_1$  тэгшитгэлээс олбол:

$$T_1 = \frac{P_1V_1}{\nu R} = 150\text{K}$$

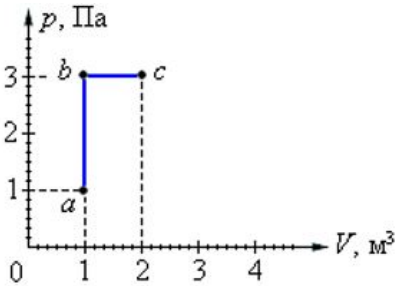
Хийн эцсийн төлөвийн температурыг  $P_2V_2 = \nu RT_2$  тэгшитгэлээс олбол:

$$T_2 = \frac{P_2V_2}{\nu R} = 750\text{K} \text{ болно.}$$

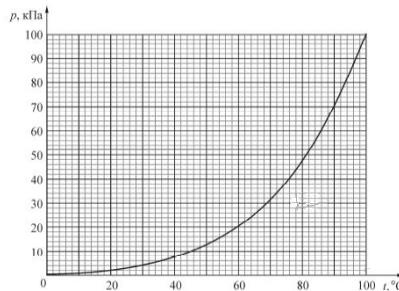
$$\text{Иймд дотоод энергийн өөрчлөлт } \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = 15\text{кЖ}$$

### ДАСГАЛ БОДЛОГО.

1. Идеал хийн молийн тоог 5 дахин, абсолют температурыг 4 дахин нэмэгдүүлбэл дотоод энерги нь хэд дахин ихсэх вэ?
2. 4 моль нэг атомт идеал хийн температурыг  $290\text{K}$ -ээс  $330\text{K}$  болгож өсгөхөд хийн дотоод энерги яаж өөрчлөгдөх вэ?
3. 2 атомт идеал хийн дотоод энерги  $500\text{Ж}$ . Уг хий  $4\text{м}^3$  эзлэхүүнтэй битүү саванд байгаа бол саван доторх хийн даралтыг олно уу.
4. 2 атомт идеал хийн дотоод энерги  $300\text{Ж}$ . Уг хий  $60\text{Па}$  даралтанд оршиж байгаа бол саван доторх хийн эзлэхүүнийг олно уу.
5. 3 моль, нэг атомт идеал хийн температурыг  $280\text{K}$ -ээс  $340\text{K}$  болгоход хийн дотоод энерги хэрхэн өөрчлөгдөх вэ?
6. 2 атомт идеал хийн даралтыг изотерм процессоор 2 дахин багасгасан бол хийн дотоод энерги яаж өөрчлөгдөх вэ?
7. Идеал хийн масс  $m$ , моль масс нь  $\mu$  бол идеал хийн дотоод энерги ямар физик хэмжигдэхүүнүүдээс шууд хамаарах вэ?
8. Зурагт 1 атомт 1 моль идеал хийн даралт эзлэхүүнээс хамаарах хамаарлыг график өгөгджээ. Идеал хий а-в-с төлөвүүдийн дагуу шилжсэн бөгөөд а ба с төлөв дэх хийн дотоод энергүүдийн харьцааг олно уу.



9. 6 моль хүчилтөрөгч хийн температурыг 200К-ээр халаахад хийн дотоод энерги хэрхэн өөрчлөгдөх вэ?
10. Идеал хий бүхий битүү саван дотор  $N$  чадалтай халаагуурыг байрлуулж  $t$  хугацаанд ажиллуулахад тасалгааны температур изохор процессоор  $\Delta T$  -ээр нэмэгдсэн. Идеал хийн дотоод энергийн өөрчлөлтийг олно уу. (Савны халалтыг тооцохгүй)
11. Зурагт "1" атомт идеал хийн температур даралтаас хамаарах графикийг үзүүлжээ. Идеал хийн дотоод энерги 20кЖ-аар нэмэгдсэн бол хийд гаднаас ямар хэмжээний дулаан өгсөн бэ? Графикийг ашиглан олно уу.



12. 40г масстай устөрөгч изобараар тэлж эзлэхүүн нь хоёр дахин ихсэв. Хийн анхны температур 300К бол хийн эцсийн температур болон дотоод энергийн өөрчлөлтийг ол.
13. Дотоод энергийг хэрхэн багасгах вэ?
- Гаднаас дулаан өгнө.
  - Идеал хий авна.
  - Биеийг хөргөнө.
  - Биеийг хөдөлгөөнгүй байлгана.