

УДК 538.9  
ББК 22.35

**ФАВҚУЛБАНДҲО ВА САҲМИ  
ОНҲО ДАР ВАЙРОНШАВИИ  
ҶИСМҲОИ САҲТ ДАР МИСОЛИ  
ПОЛИМЕРҲО**

*Раҳимов Соҳибназар Шарифович* - номзади илмҳои физика-математика, дотсент, мудир кафедраи физика ва химияи ДПДТТХ ба номи академик М. С. Осимӣ, ш. Хучанд, e-mail: [rakhimov1958@list.ru](mailto:rakhimov1958@list.ru)

*Ҷалилов Файзулло* – номзади илмҳои физика-математика, дотсенти кафедраи физика ва химияи ДПДТТХ ба номи академик М. С. Осимӣ, ш. Хучанд, e-mail: [Jalilov47@mail.ru](mailto:Jalilov47@mail.ru)

**СВЕРХСВЯЗИ И ИХ ВКЛАД В  
РАЗРУШЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ НА  
ПРИМЕРЕ ПОЛИМЕРОВ**

*Рахимов Соҳибназар Шарифович* - кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и химии ХПИТУТ имени академика М. С. Осими, г. Худжанд, e-mail: [rakhimov1958@list.ru](mailto:rakhimov1958@list.ru)

*Джалилов Файзулло* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики и химии ХПИТУТ имени академика М. С. Осими, г. Худжанд, e-mail: [Jalilov47@mail.ru](mailto:Jalilov47@mail.ru)

**SUPERCONDUCTORS AND THEIR  
CONTRIBUTION TO THE  
DESTRUCTION OF SOLIDS IN THE  
EXAMPLE OF POLYMERS**

*Rahimov Sohibnazar Sharifovich* - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Chemistry, KhPITUT named after academician M.S.Osimi, Khujand, e-mail: [rakhimov1958@list.ru](mailto:rakhimov1958@list.ru)

*Jalilov Faizullo* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Chemistry, KhPITUT named after Academician M.S.Osimi, Khujand, e-mail: [Jalilov47@mail.ru](mailto:Jalilov47@mail.ru)

**Вожаҳои калидӣ:** фавқулбандҳо, вайронишавӣ, полимерҳо, шиддати механикӣ

Бо ёри таҷрибаҳои сершумор муайян карда шуда буд, ки пас аз ба ҷисмҳо гузоштани шиддати механикӣ берун он байни бандҳои атомӣ номунтазам тақсим мешавад. Аз шумораи умумии бандҳои дар ҷисми шиддати механикӣ гузошта, тақрибан 80% – и бандҳо шиддати ба шиддати миёнаи гузошташуда баробарро соҳиб гашта, тақрибан 20% – и ба шиддати аз шиддати гузошта, тақрибан 2 **дараҷа** зиёдро соҳиб мегарданд, ки дар мадди аввал онҳо канда шуда, микро сӯрохиҳоро ба амал меоранд. Дар навбати худ ин сӯрохиҳо бо ҳам мутақобила намуда, ҳамчун , макросӯрохиҳоро ба амал меоранд, ки дар натиҷа вайронишавии ҷисмҳо, ба ҷисмҳо тақсимишавии ҷисм ба амал меояд.

**Ключевые слова:** сверхсвязи, разрушение, полимеры, механическое напряжение.

Многочисленными опытами установлено, что внешняя приложенная нагрузка по межатомным связям распределяется неравномерно. Почти 80% связей находится под напряжением средней приложенной, а 20% из общего число находится под напряжением на два порядка больше средней приложенной к образцу и разрываются в первую очередь. В результате разрыва этих связей, в теле образуют субмикроскопические трещины, которые объединяясь, приводят к появлению макротрещины и тело распадается.

**Key words:** hyperlinks, destruction, polymers, mechanical stress

Numerous experiments have established that the external applied load is unevenly distributed over the interatomic bonds. Almost 80% of the bonds are under stress by the average applied, and 20% of the total are under stress by two orders of magnitude greater than the average applied to the sample and are broken first. As a result of the breaking of these bonds in the body, submicroscopic cracks are formed, which, when combined, lead to the appearance of macrocracks and the body disintegrates.

Бояд қайд кард, ки мустаҳақамии ҷисмҳо ва материалҳои истифодашаванда, аз мавқеи ҷойгиршавии атомҳо ва молекулаҳо вобаста аз ҳамдигар, хело зич алоқаманд мебошад. Вобаста ба мавқеи ҳолати энергетикӣ атому молекулаҳо тағйир ёфта, нисбат ба бедоркунондаҳои беруна муқобилат нишондиҳии онҳо гуногун мешавад ва бо таҷрибаҳои сершумор ва назарияҳои илмӣ асоснок карда шудааст.

Тавре аз адабиёти илмӣ маълум аст [1] басомади лаппиши атомҳо бо сахтии байниатомӣ онҳо бо муодилаи ба ҳама маълум

$$v = \frac{1}{2\pi c_0} \sqrt{\frac{f}{\mu}} \quad (1)$$

ифода карда мешавад, ки дар (1)  $\mu$  – массаи овардашудаи атомҳо,  $f$  – коэффитсиенти сахтии байниатомӣ,  $c_0$  – суръати рӯшноӣ дар вакуум мебошад. Аз формула маълум аст, ки  $c_0$  бузургии доимӣ ва  $\mu$  барои моддаи додашуда низ доимӣ ҳисобидан мумкин аст, бинобар он басомади лаппиши атомҳои модда, танҳо аз коэффитсиенти сахтии байниатомӣ вобаста мешавад.

Дар натиҷаи тадқиқотҳои Веттерген В.И. [2,3,4,5] муайян карда шудааст, ки ҳангоми ба ҷисми тадқиқшаванда гузоштани шиддати механикӣ беруна, басомади лаппиши максимуми тасмаи спектриалии полимерҳо ба тарафи мавҷи дароз мекуҷад, яъне ҷойивазкунии басомад  $\Delta v$  баамал меояд ва онро бо формулаи зерин:

$$\Delta v = v(\sigma) - v(0) \quad (2)$$

ифода менамоем.

Ин ҷо  $v(\sigma)$  ва  $v(0)$  – басомади лаппиши атомҳо пас аз гузоштан ва то гузоштани шиддати механикӣ берунаро ифода мекунад. Маълум аст, ки ҳангоми гузоштани шиддати механикӣ беруна масофаи байни атомҳо тағйир меёбад ва вақти набудани шиддати механикӣ беруна масофаи байни атомҳо бо  $a_0$ , пас аз гузоштани шиддат ба  $a$  баробар қабул намоем, он гоҳ деформатсияи нисбии масофаи байниатомӣ ба формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\varepsilon = \frac{a - a_0}{a_0} \quad (3)$$

Ин ҷо  $a$  ва  $a_0$  масофаи атомҳо, пас аз гузоштани бор ва то гузоштани бор мебошанд.

Ҳамин тавр, формулаи (3) нишон медиҳад, ки деформатсияи нисбӣ ба тағйирёбии масофаи байни атомҳо алоқаманд будааст. Деформатсияшавии нисбии атомҳоро муайян карда, оиди тағйирёбии масофаи байниатомӣ маълумот гирифтани мон мумкин аст. Барои тағйирёбии басомадро бо деформатсияи нисбӣ алоқаманд намудан, потенциали  $\varphi(a)$  муқобилаи молекулаи моддаи дуатомаи массаи молекулавиаш ба  $M$  баробарро ба қатор тақсим (ҷудо) мекунем:

$$\varphi(a) = \varphi(a_0) + \frac{f_0}{2}(a - a_0)^2 + \frac{q_0}{3!}(a - a_0)^3 + \frac{h_0}{4!}(a - a_0)^4 + \dots \quad (4)$$

дар формулаи (4)  $f_0 = \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial a^2}\right)_{\Delta a=0}$ ,  $q_0 = \left(\frac{\partial^3 \varphi}{\partial a^3}\right)_{\Delta a=0}$ ,  $h_0 = \left(\frac{\partial^4 \varphi}{\partial a^4}\right)_{\Delta a=0}$

ифода мекунем. Бояд қайд кунем, ки дар ин тақсимкунӣ ба қатори Тейлор дуум аъзо партофта шудааст, чунки он ҳолати мувозинатиро ифода мекунад ва ба  $\left(\frac{\partial \varphi}{\partial a}\right)$  баробар аст. Барои муайян намудани коэффитсиенти сахтии байниатомӣ, аъзои саюмро дигаргун сохта, дифференсиал гирифта, ҳосил мекунем:

$$f \cong \frac{\partial^2 \varphi}{\partial a^2} \cong f + q_0 \varepsilon \quad (5)$$

ифодаи ҳосилшуда (5) – ро ба (1) гузошта, баробарии зеринро ҳосил мекунем:

$$\frac{\Delta v}{v(0)} \cong - G \varepsilon \quad (6)$$

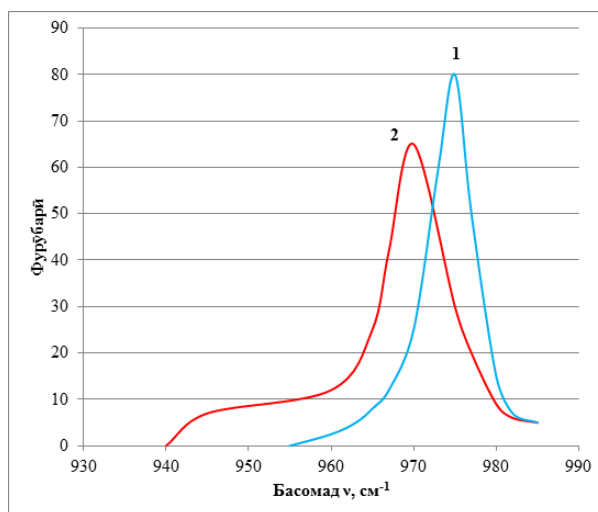
Ин ҷо  $G$  – коэффитсиенти модавӣ Грюнайзен мебошад, ки он

$G = - \left(\frac{\partial f}{\partial f}\right)$  баробар буда, тағйирёбии нисбии кувваро ба намуди умумӣ тавсиф мекунад. Ифодаи (6) – ро барои (3N – 6) адад (ин ҷо ҳамчун адади дараҷаи озод) бандҳои лаппиши атомӣ кардаи стода ба намуди зерин навишта метавонем:

$$\frac{\Delta v}{v(0)} \cong - G_i \varepsilon \quad (7)$$

Ин ҷо  $G_i$  коэффиенти мебошад, ки он аз  $(3N - 6)$  адад лапишҳои атомӣ яке аз онҳоро тавсиф мекунад. Ин коэффиенти мо метавонем ба ҳисобкунҳои назариявӣ дар адабиёти [6] овардашуда такъя намуда ё ки аз натиҷаҳои таҷрибаҳои амалии дар қори [7] гузаронидашуда истифода бурда муайян намоем. Пас аз муайян кардани  $G_i$  мо метавонем масъалаи бараксро, яъне муайян кардани деформатсияро гузorem ва аз рӯи натиҷаҳои ҷойивазкунии басомад деформатсияи алоқамандии байниатомиро муайян намоем. Формулаи (7) дар аксарияти қорҳои иҷрокардашуда [4,8,5,9,10] ва бадина барои муайян кардани деформатсияи фавқул алоқамандӣ (алоқамандӣ, ки беҳад шиддати айнии байниатомиашон калон) васе истифода бурда шуда буд ва дар оянда бурда мешавад.

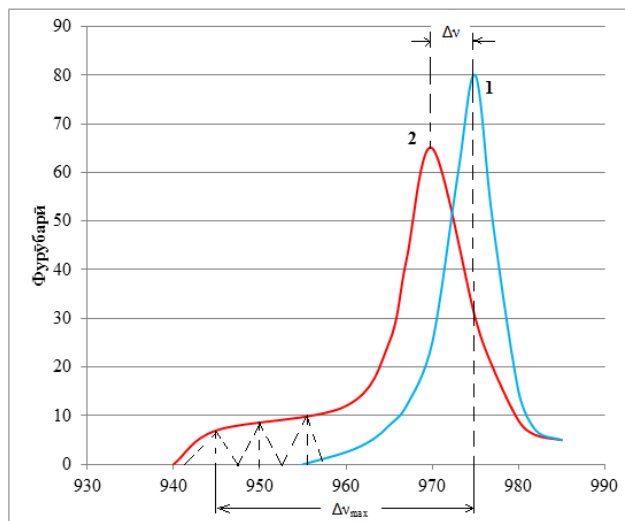
Дар спектроскопия қабул карда шудааст, ки ҳар як тасмаҳои спектралӣ мушоҳида шаванда аз маҷмӯи зиёди алоқаманди атомӣ, ки мо онҳоро осилляторҳо меномем, иборат буда, дар натиҷаи фурубарии рӯшноӣ аз тарафи онҳо тасмаҳои элементарӣ ҳосил мекунанд ва дар натиҷаи болоиҳамхобӣ тасмаҳои дар таҷриба мушоҳидашавандаро ҳосил мекунанд. Дар бисёр ҳолатҳо, ҳусусан ҳангоми набудани шиддати механикӣ беруна, ин тасмаҳо намуди симметрии доранд. Ҳангоми ба полимер гузоштани шиддати беруна дар зери таъсири ин шиддат, шакли тасмаи симметрӣ тағйир ёфта, дар ҳадди дарозмавҷи тасма, тасмачаи иловагии аз тасмаи асосӣ якҷанд даҳҳо  $\text{см}^{-1}$  дур ҳобида, ҳосил мешавад. Албатта ин тасма дар натиҷаи номунтазам тақсимшавии шиддати беруна байни алоқамандӣ ба амал меояд. Формулаи (1) худ гувоҳи он аст. Бо афзоиши  $f$  басомад  $v$  низ тағйир меёбад, кам мегардад ва дарозии мавҷ бошад, калон мешавад. Аз ин сабаб, дар қисми дарозмавҷии тасмаи спектралӣ тасмачаи иловагии интенсивнокиаш на он қадар калон ҳосил мешавад. Ин тасмачаи дар ҳадди дарозмавҷ ҳосил шударо ба осилляторҳои қувваи таъсири байниатомиашон хело калон, фавқул шиддатнок ҳисобиданд. Ин мавҳумро Веттеген ва ҳамкоронаш дар натиҷаи таҷрибаҳои сершумори гузаронидаи худ ба илми вайроншавии ҳисмҳои саҳт ворид намудааст. Дар **расми 1** тасмаи фурубарии алоқамандӣ байниатомии барои полипропиленӣ озод, бебор **1** ва шиддат гузошта **2** тасвир карда шудааст. Тавре мебинем тасмаи **1** қариб намуди симметрии доранд, аммо тасмаи **2** намуди антисимметрии аёнро гирифта, дар ҳадди маълум, тасмачаи иловагии аз асосӣ якҷанд даҳҳо  $\text{см}^{-1}$  дур ҳобидаро ҳосил намудааст.



Расми 1. Тағйирёбии ҳолат ва шакли тасмаи фурубарии полипропиленӣ бебор **1**.  $\sigma = 0 \text{ кг/мм}^2$  ва **2**.  $\sigma = 80 \text{ кг/мм}^2$ ,  $\sigma = 800 \text{ МПа}$ .

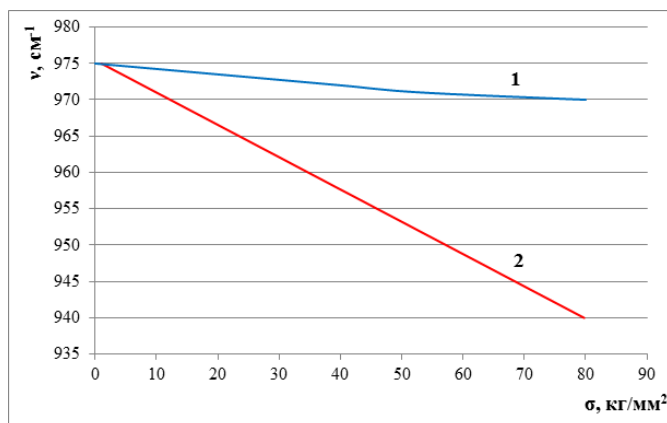
Дар **расми 2** механизми пайдошавии тасмаҳои спектралӣ тасвир карда шудааст. Тавре аз расм мебинем, тасмачаҳои спектралӣ элементарӣ, қариб намуди симметрии доранд ва онҳо бо ҳам ҳамҷоя гашта, тасмаи спектралӣ антисимметрии ташкил медиҳанд, ки пайдоиши онро бо номунтазам тақсимшавии шиддати механикӣ аз берун гузошташуда байни алоқамандӣ атомӣ, вобаста мебошад.

Маълум, ки рӯшноии ба ҷисм афтида, ва аз он гузаранда, ба осциляторҳои дар ҷисм мавҷуда, новобаста аз ҳамдигар мутақобили намуда, тасмачаҳои спектриалиро ҳосил мекунад, ки васеъгии хатҳои спектриалии онҳо аз ҳамдигар камтар фарқ мекунад, чунки басомади лапшиши як осцилатори ба як модаи лапшанда мувофиқ оянда низ вобаста ба мавҷеи ҷойгиршавиашон дар материал бо гузашти вақт тағйир меёбанд.



Расми 2. Схекаи тақсими контури тасмаи фурӯбарӣ ба тасмачаҳои элементарӣ  
1.  $\sigma = 0$  кг/мм<sup>2</sup>, 2.  $\sigma \neq 0$  кг/мм<sup>2</sup>.

Аз сабаби ғайрихаттӣ будани қувваи таъсири байнҳамдигарӣ, атомҳои дар моддаҳо мавҷуда, энергия байни атомҳо иваз шуда меистанд. Аз ин сабаб, амплитудаи лапшишҳои атомӣ ба заниш дучор шуда, яъне гоҳ пурқувват, гоҳ камқувват мешавад. Албатта пурқувватшавӣ ва камқувватшавӣ дар ягон муддати вақт ба амал меояд. Муддати вақте, ки дар давоми он амплитудаи лапшиши модаи муайяни лапшанда  $e$  маротиба тағйир меёбад, вақти ҳаётгузаронии кванти лапшиш «фонон» меномем ( $e$  – асоси логарифми натуралӣ аст). Вақти ҳаётгузаронии квантҳои лапшишҳои оптикӣ  $\tau_p \cong 10^{-10}$  с – ро ташкил медиҳад, ки он вақти ҳаётгузаронии «фонон» мебошад. Бинобар он, басомади лапшиши максимуми осциляторҳои лапшандаи элементарӣ, ҷой иваз карда, ҳамаи тағйиротҳои байниатомии масофавиро дар давоми вақти  $\tau_p \cong 10^{-10}$  с – ҳис мекунад. Шакли тасмаи спектриро таҳлил намуда метавонем, оиди тақсимшавии деформатсияҳои байниатомӣ, ки дар муддати вақти  $\Delta t = 10^{-10}$  с ба амал меояд, маълумот гирем. Барои пайдо намудани маълумот оиди масофаи аз ҳад зиёд деформатсияшудаи байниатомӣ, то ҳадди қандашавӣ шакли тасмаи спектриалиро таҳлил намудем. Пеш аз ҳама, бояд қайд кард, ки тасмаҳо дар натиҷаи лапшиши қисми пайдарҳам ҷойгирии шакли спиралӣ ё ҳамвор шикаста (зигзаг) доштаи дарозиаш то қадри имкон ба нм (нанометр) баробар ба амал меояд. Ҳангоми дар зери таъсири қувваи беруна кашидан, басомади лапшиши осциляторҳо кам мешавад ва дар қисми дарозмавҷи он тасмаи иловагии ба осциляторҳои аз ҳад зиёд кашида мувофиқ ба амал меояд. Тасмаи пайдошударо тасмаи ба атомҳои қувваи байнҳамтаъсирашон хело зиёд, фавқулоддат, тааллуқ дошта меномем. Агар дар полимерҳои шиддат гузошта, ин намуд бандҳо вучуд дошта бошанд, албатта онҳо дар қисми дарозмавҷи тасмаи спектриалӣ тасмачаи иловагиро ҳосил мекунад, ки мо онро алоқамандҳои, бандҳои аз ҳад зиёд шиддат дошта меномем. Қайд бояд кард, ки вайроншавӣ дар натиҷаи қандашанин ин бандҳо дар мадди аввал ба амал меояд. Ин намуд бандҳо **10 – 20%** – и бандҳои дар ҷисм мавҷудбударо ташкил медиҳанд. Гарчанде шумораи бандҳо кам бошанд ҳам, лекин вайроншавӣ аз онҳо сар мешавад, яъне онҳо аз ҷиҳати энергетикӣ ба вайроншавӣ моил мебошанд. Ба миён саволе пайдо мешавад: Оё осциляторҳои тасмаи асосӣ ва тасмаи иловагиро ҳосилкунанда табиатан якхелаанд? Ё онҳо гуногун табиатанд?

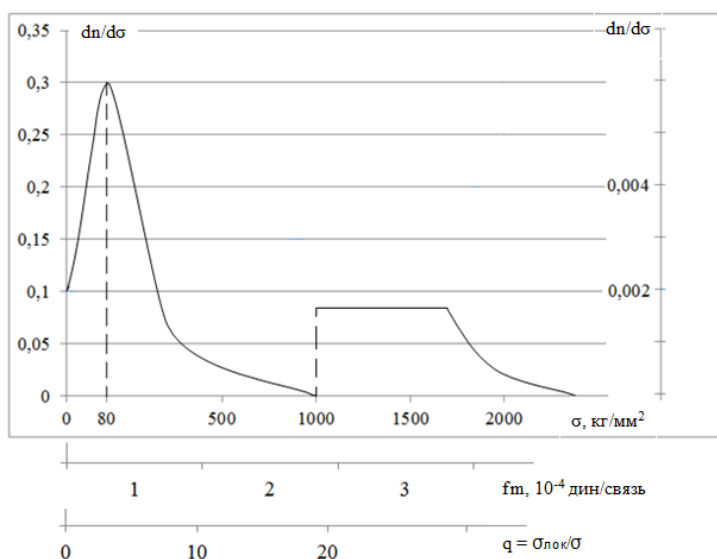


Расми 3. Ғеҷиши максимуми асосӣ ва дарозмавҷ дар спектри инфрасурхи полипропилен аз шиддати беруна 1 — максимуми асосӣ, 2 — максимуми дарозмавҷ

Барои ба ин савол ҷавоб додан, ғеҷиши басомади максимуми асосӣ ва максимуми басомади тасмаи иловагии фавқушиддат доштаро аз шиддати беруна омӯхтем. Дар **расми 3** натиҷаи ин тадқиқот дар ин хусус оварда шудааст.

Тавре аз расм мебинем ғеҷиши тасмаҳо гуногун буда, ду хатти рости моилишон гуногунро ташкил медиҳанд, ки дар натиҷаи экстраполясиякунӣ ба як нуқта сарҷамъ мешаванд. Ин ҳол нишон медиҳад, ки осциляторҳои максимуми асосӣ ва иловагиро ташкил диҳанда, табиати якхеларо доранд ва онҳо якхелаанд. Танҳо шиддат дар ин бандҳои тасмаро ташкилкунанда гуногунанд. Осциляторҳои максимуми асосиро ташкилдиҳанда шиддати ба шиддати миёна ба ҳисм гузоштасуда баробарро соҳиб буда, шиддати осциляторҳои ба максимуми иловагӣ тааллуқ дошта бошад, ба алоқамандии фавқушиддатдошта баробар аст, ки мо онҳоро бандҳои фавқушиддатнок меномем.

Дар **расми 4** тақсимшавии алоқамандии байниатомӣ нисбат ба шиддати аз берун гузоштасуда, шиддати максималии алоқамандӣ ва коэффитсиенти фавқушиддат оварда шудааст. Аз расм дида мешавад, ки аксарияти алоқамандӣ тақрибан дар таҳти шиддати миёна аз берун гузоштасуда, воқеъ гардида (**80%**) то **20%** аз адади умумии алоқамандӣ дар таҳти шиддати тақрибан аз миёна то **2 дараҷа** зиёд воқеъанд. Коэффитсиенти шиддат дар ин алоқамандӣ низ то **2 дараҷа** зиёд мебошад. Ин ҳол гувоҳ бар он аст, ки **20%** алоқамандӣ дар чунин ҳолат воқеъ гашта, дар мадди аввал қанда шуда, сабаби дар ҳисм пайдошавии микросӯроҳҳои хело хурд мегарданд. Ин микросӯроҳҳо бо ҳам муттақобила намуда, бо ҳам ҳамчоя шуда, ба пайдошавии макронуксонҳо меоранд, ки онҳо маркази вайроншавии ҳисм мегарданд.



Расми 4. Тақсимшавии алоқамандии байниатомӣ дар полимерҳои шиддат гузоштасуда. Дар расм барои полипропилен шиддати гузоштасуда  $\sigma = 80 \text{ кг/мм}^2$  ва температурааш ҳонагӣ



Ҳамин тавр, ҷисм яклухтии худро гум мекунад ва ба қисмҳо ҷудо мегардад, яъне ҷисм вайрон мешавад.

Мустаҳкамӣ гуфта, дар зерӣ таъсири қувваи беруна гум намудани яклухтии ҷисмро меномем. Шиддате, ки ҷисм яклухтии худро дар зерӣ таъсири он гум мекунад, шиддати ҳаддӣ, ҳади мустаҳкамӣ меномем ва он барои полимерҳои сохт ва структурашон гуногун қиматҳои гуногунро соҳиб буда, аз ҳолати энергетикӣ ҷисм саҳт вобаста мебошад. Дар температураҳои хархела қиматҳои гуногунро мегиранд ва бо афзоиши температура мустаҳкамӣ ҷисм кам шуда меравад ва ҳангоми хеле паст шудани температура графикаи вобастагии дарозумрӣ аз шиддати берунаи гузошташуда, ба ҳолати амудӣ (вертикалӣ) наздик мешавад, яъне дар температураҳои паст ин вобастагии худро кам зоҳир мекунад.

Ҳамин тавр, муайян карда шудааст, ки дар вайроншавии ҷисмҳои саҳт, аз ҷумла полимерҳо, роли асосиро бандҳои аз ҳад зиёд шиддатнок, яъне фавқушиддатнок мебозанд. Дар шиддатҳои паст аз ҳадди баамалоии вайроншавии ҷисмҳо, аз мавҷудияти бандҳои фавқушиддатнок вобаста мебошад.

Ба намуди умумӣ аз таҳлили дар боло гузаронида, ба хулосаҳои зерин омаданамон мумкин аст:

1. Атомҳои модаҳо ба ҳамдигар мутақобила намуда, бандҳои атомиро ба амал меоранд.
2. Вобаста ба мавқеи ҷойгиршавӣ ва ҳолати энергетикашон байни атомҳои банд ҳосилкарда, қувваҳои бузургиашон гуногун таъсир мекунад.
3. Вобаста ба қувваи таъсиркунанда, масофаи бандҳои байниатомӣ низ тағйир меёбанд ва бо афзоиши қувва афзуда, бо камшавии он кам мешавад.
4. Тағйирёбии масофаи бандҳо, ба тағйирёбии басомади лапиши онҳо сабаб мешавад.
5. Дар спектроскопия бандҳои ҳосилшударо осилляторҳо меномем, ки онҳо низ монанди атомҳо, ҳамеша дар ҳаракатанд ва дар ҳолати мувозинати лапиш намуда, аз худ энергия «фонон» – ҳоро мебароранд.
6. Андозаи нуқсонҳо ба давиши роҳи озоди «фонон» дар модаҳо баробар бошад, байни фонон ва нуқсонҳо мутақобила ба амал меояд.
7. Агар андозаи нуқсонҳо ба давиши роҳи озоди «фонон» дар модаҳо баробар ё калон бошад «фонон» нуқсонро ҳез зада гузашта натавониста, бо он ғайриҷандир заниш намуда, энергияи худро ба нуқсон медиҳад ва нуқсон гарм мешавад.
8. Дар зерӣ таъсири гармии аз атроф гирифта ва бори аз берун гузошташуда кандашавии алоқамандии байниатомӣ ба амал омада, ба пайдоиши сӯрохиҳои аз ҳад зиёд хурд сабаб мешавад.
9. Микросӯрохиҳо бо ҳам мутақобила намуда, ҳамчун шуда макросӯрохиҳо ҳосил менамоянд, ки оқибат ба вайроншавии ҷисм оварда мерасонад.

#### АДАБИЁТ

1. М.А. Еляшевич. Атомная и молекулярная спектроскопия. М., ГИМФЛ, 1962, 892 с.
2. С.Н. Журков, В.И. Веттегрень, В.Е. Корсуков, И.И. Новак. ФТТ. 11, 290 (1969).
3. В.И. Веттегрень. ТТ, 1984, 26, с. 1699.
4. В.И. Веттегрень ФТТ, 1986, 28, с. 3417.
5. С.Н. Журков, И.И. Новак, В.И. Веттегрень., ДАН. СССР, 1964, 157, с. 1431
1. А.И. Губанов, В.А. Кособукин. Механика полимеров. 1975. №1, 33,
2. В.И. Веттегрень, К.Ю. Фридланд. Оптика и спектроскопия. 1975. №38 с. 521,
3. Физический энциклопедический словарь. М., С.5., 928 с.
4. Г. Кауш. Разрушение полимеров. М., Мир, 440 с, 1981.
5. Ф. Джалилов. Роль поверхности в механизме разрушения полимеров. – Дисс. на соискание уч. ст. канд. физ.– мат. наук- Ленинград, 166 с, 1982.

#### REFERENCES

1. M.A. Elyashevich. Atomic and Molecular Spectroscopy. M., GIMFL, 1962, 892 p.
2. S.N. Zhurkov, V.I. Vettegren, V.E. Korsukov, I.I. Novak. FTT. 11, 290 (1969).
3. V.I. Vettegrain. TT, 1984, 26, p. 1699.
4. V.I. Vettegren FTT, 1986, 28, p. 3417.
5. S.N. Zhurkov, I.I. Novak and V.I. Vettegren., DAN. USSR, 1964, 157, p. 1431
6. A.I. Gubanov, V.A. Kosobukin. Mechanics of Polymers. # 1, 33, 1975
7. V.I. Vettegren, K. Yu. Friedland. Optics and spectroscopy. No. 38 p. 521, 1975
8. Physical encyclopedic dictionary. M., S. 5., 928 p.
1. G. Kausch. Destruction of polymers. M., Mir, 1981. 440 p,
2. F. Jalilov. The role of the surface in the mechanism of polymer destruction. - Diss. to apply for an account. Art. Cand. physical - mat. nauk- Leningrad, 166 p., 1982.