

Фізика

про

ЗИМОВІ ЯВИЩА

ПРИРОДИ

Конференція



План

1. Утворення хмар і опадів.
2. Утворення сніжинок.
3. Утворення інею.
4. Як утворюється паморозь?
5. Мороз малює на вікні.
6. Снігові перемети.
7. Вікторина.

Утворення хмар і опадів.

Звідки ж береться в атмосфері вода? Як утворюються хмари? Чому буває дощ, град чи сніг?

Вода надходить в атмосферу, випаровуючись з поверхонь океанів і морів, озер і рік, вологого ґрунту, лісів і лук. Долаючи силу земного тяжіння, потужна теплова машина, що приводиться в дію енергією Сонця, щороку піднімає з поверхні земної кулі в атмосферу 519 тис. км.³ (або мільярдів тонн) води. За наближеними підрахунками, в атмосфері знаходиться в середньому взимку 13080 км³ води, а влітку – близько 14540 км³, або в 11 разів більше, ніж міститься води в усіх ріках світу.

А тепер давайте порівняємо дві цифри: кількість опадів за рік (519 тис. км³) і загальну кількість води в атмосфері (13 тис. км³). Кількість опадів за рік майже в 40 разів на рік, чи кожні 9 діб, вода в атмосфері повністю змінюється, тобто кругообіг води в атмосфері дуже інтенсивний. Кругообіг води робить можливим життя на суші, підтримує запаси води і течії рік. В цьому кругообігу атмосфера відіграє основну роль. Вона поглинає водяну пару, переносить її в повітряних потоках і знову перетворює у воду, поливаючи земну поверхню дощами чи покриваючи снігом.

І красиві білі хмари, і похмурі свинцево-сірі, що закривають сонце в негоду, складаються з дрібнісіньких прозорих водяних краплинок. Діаметри краплинок в хмарах різного роду коливаються від $2 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^1$ мм. Крапля діаметром в $2 \cdot 1^1$ мм – це дощова крапля, вірніше, краплинка мряки. Такі краплинки падають з швидкістю менше 10^3 м/с, тобто менше 1,3 м за півгодини. Ось сому хмари майже «не падають».

Перисті хмари, що плавають на великих висотах, складаються з найдрібніших льодових кристаликів. Кожна така краплинка плаває в повітрі подібно до пушинки, дуже повільно, непомітно для ока опускаючись в низ, але раніше, ніж досягти землі, вона повністю випаровується.

Роса, іній, паморозь утворюються безпосередньо на земній поверхні. Але основний процес конденсації водяної пари з утворенням хмар, туманів, дощу, снігу тощо, відбувається у вільній атмосфері. Насамперед, як це не парадоксально, в атмосфері взагалі не повинно було б існувати хмар, коли б повітря було ідеально чистим. Водяна пара, якщо вона чиста, складається з окремих молекул, які можуть вільно переміщуватися в тих же умовах, що й молекули повітря. Вони розсіюються в атмосфері, пробираючись між молекулами кисню й азоту, неминуче весь час стикаючись одна з одною.

Цікаво, що в більшості випадків хмари навіть на висотах, де температура нижча 0^0 , складаються з найдрібніших рідких краплинок, тобто з переохолоджених краплин. Встановлено, що краплини в хмарах можуть не замерзати при температурах до -30 , -40 і навіть -50^0 С. але як тільки такі хмари стикаються з деякою поверхнею, наприклад літаком, водяні краплинки миттєво замерзають і, якщо поверхня літака не обігривається, можуть швидко покрити його шаром льоду.

Проте звичайно переохолоджені водяні краплинки в хмарі вже при $8 - 10^0$ морозу починають перетворюватися в малесенькі гексагональні (шестигранні) кристали льоду, які при певних умовах стають зародками сніжинок. При падінні крізь хмару на льодових кристаликах – сніжинках намерзають переохолоджені краплинки води. Таким чином, кристали зростають і перетворюються в гексагональні сніжинки. Але хоча всі сніжинки гексагональні, серед них не можна виявити двох цілком однакових.

Хмари, подібно до туману, також являють собою скупчення водяних краплин або кристаликів льоду в атмосфері. Повітря в атмосфері знаходиться в постійному русі: повітряні потоки, по-різному насичені водяною парою, піднімаються в гору, опускаються вниз, переміщаються по горизонталі. Над нагрітими дільницями земної поверхні температура повітря підвищується, воно розширюється і піднімається вгору. Виникає висхідний потік. На місце

теплого повітря припливає густіше холодне повітря. Стикаючись з нагрітою земною поверхнею, воно теж нагрівається і піднімається вгору. Попадаючи в менш густі шари, нагріте повітря розширюється і охолоджується. В результаті на деякій висоті повітря охолоджується до точки роси. При дальшому піднятті й охолодженні надлишок водяної пари конденсується в дрібненькі водяні краплинки, які й утворюють хмару. В залежності від характеру земної поверхні повітря нагрівається неоднаково і піднімається не відразу на великій площі. Тому й хмари утворюються не суцільні, а окремими купками у вигляді білих скупчень, схожих на вату чи бавовник.

Конденсація водяної пари в атмосфері супроводжується виділенням теплоти, що надає висхідному потокові нової енергії, підтримуючи його рух. Оскільки на випаровування затрачується грандіозна кількість теплової енергії, то виділення енергії при конденсації має надзвичайно важливе значення в утворенні хмар. З початком конденсації в масі повітря, яке піднімається, починає збільшуватися різниця температур між нею й оточуючим середовищем, що веде до більш інтенсивного підняття цієї маси вгору. А це супроводжується дальшою конденсацією і бурхливим зростанням маси хмар.

Основною причиною утворення хмар є адіабатичне розширення, яке здійснюється при висхідному рухові повітря. Швидкість його невелика, в середньому близько 0,03 – 0,05 м/с. Але оскільки процес підняття чи опускання мас повітря відбувається тривалий час, висхідний рух великих об'ємів повітря в утворенні хмар і опадів відіграє величезну роль. Якщо вважати, що середня швидкість підймання становить 0,03 м/с, то за добу маса повітря може піднятися більш ніж на 2,5 км і при звичайних умовах охолонути на 20 – 25⁰С.

При великій вологості повітря такого охолодження досить для утворення потужної хмарності і випадання щедрих опадів.

Утворення сніжинок.

Коли йде сніг, перші сніжинки мають форму шестикутної зірки, на це повинна бути поважна причина.

Речовина снігу – це пара. Пара виникає при розпаданні підземної вологи, про що свідчить його легкість, і те що він піднімається вгору. За своїми властивостями пара схожа з рідиною, тобто не може сама себе обмежити, не маючи певної форми, поки не згущується в сніг чи в краплі.

Якщо розглянути падаючі сніжинки, то можна помітити, що всі вони з прямими променями, але двох видів.

Одні сніжинки були маленькі з різним числом навколо променів, голих, позбавлених пушинок полосочок, дуже тонкі. В центрі промені сходились до кульки трохи більшої величини. Таких сніжинок найбільше. Серед них можна побачити другого виду – шестикутні зірочки. Пушинки у зірочок розміщувались в одній площині із променями. Сьомий більш короткий промінь був спрямований донизу, на який могли опускатись падаючі сніжинки. А опутившись, тримались на ньому деякий час.

Сніжинки першого виду нагадують по формі градинки, які виникають з пари майже без тепла, що почались зріджуватись у водяні краплі. Тому вони круглі, не привабливі звиду, позбавлені формоутворюючої сили, а їх центральні ядра сполучені з усіх сторін променями за тією ж причиною, що утворюється іней на вікні.

Сніжинки другого виду, що мають форму зірочок, падають плоскими. В них не можна побачити ні куба, ні октаедра, ні зіткнення крапель.

Чому сніжинки мають правильну шестикутну форму?

Оскільки зіткнення теплої пари і холодного повітря відбувається на площині, а не в деякому об'ємі, то й формоутворюючі сили віддають перевагу швидше плоским ніж об'ємним фігурам.

Формоутворююча сила вибирає правильний шестикутник, по необхідності властивостей рідини, щоб не залишилось щілини, щоб парі не було зручно згущуватись до консистенції снігу. Пара не перетворюється в сніг одночасно на великих поверхнях, а виділяється поступово на маленьких неоднакових по формі ділянках поверхні.

Утворення інею.

В холодну пору року (пізно восени чи на початку зими), коли ртутний стовпчик термометра вранці опускається нижче нуля, після ясної ночі на травинках утворюються вже не краплинки води, а малесенькі кристалики льоду. Земля, висохлі стеблинки трави, гілки дерев тощо покриваються білявим, схожим на цукор, льодовим нальотом – інеєм. Але іній відразу ж зникає, коли полуденне сонце розтоплює його. Іній можна спостерігати й весною, а іноді навіть в кінці травня, коли він утворює «білий сніг на зеленому листі». Підкреслимо: іній не «випадає», а «росте» в результаті охолодження приземних шарів повітря при зниженні температури нижче нуля. Появу інею можна розцінювати як більш вірний вісник хорошої погоди в день спостереження, ніж випадання роси. Іній буває також і взимку. Гілки дерев, дроти ліній електропередачі тощо покриваються товстим шаром інею. Так от, коли придивитись до поверхні снігу після ясної морозної ночі, то можна помітити на цій поверхні кристалики інею.

В холодну пору року іноді кам'яні стіни будинків, мармурові колони й металеві предмети покриваються суцільним твердим нальотом снігових кристалів. З'являється цей наліт звичайно тоді, коли після кількох морозних днів настає потепління. Коли тепле й вологе повітря стикається з дуже охолодженими предметами, то воно охолоджується й надмір водяної пари осідає у вигляді твердого нальоту. Якщо ж предмети не дуже сильно охолоджено, то вони покриваються краплями води.

Як утворюється паморозь.

А тепер про паморозь. На відміну від інею, памороззю називається білий наліт ніжних, пухких, снігоподібних льодових кристалів, що утворюється переважно на гілках дерев, хвої, дротах, кущах, на гострих краях предметів тощо при значному морозі, тумані і слабкому вітрі з навітряного боку предметів. Особливо рясно утворюється паморозь при тумані. В цьому випадку навіть хвойний ліс, який звичайно зеленіє на світлому фоні снігу, покривається білосніжним, іскристим покривалом паморозі. Кристали паморозі часто осідають на гілках дерев і дротах таким товстим сніговим шаром і так обважнюють їх, що слабкіші гілки обламуються, а дроти можуть обірватися. Особливо сильним є утворення паморозі на горах; вона прикриває виступи скель, стовпи й споруди шаром товщиною до

1 м.

Утворення туману.

Туман взимку виникає тоді, коли тепла й волога повітряна маса напливає на холодну поверхню землі. Відбувається повільне і спокійне переміщення двох повітряних мас, тепле повітря охолоджується, й починається конденсація водяної пари. Тоді говорять про тумани переміщення (адвентивні). Охолодження від земної поверхні завдяки перемішуванню повітря поширюються на велику висоту, внаслідок чого в усьому охолодженому шарі виникає високий (до 500 метрів і більше) і густий туман. Такі тумани виникають взимку при русі теплового тропічного повітря на північ. Так, взимку дуже часто з півдня через чорне море на Україна, де перед цим довгий час стояли морози, приходить тепле й вологе повітря. Потрапляючи на охолоджену засніжену поверхню суші, повітряні маси сильно охолоджуються знизу, і в результаті цього значна частина України, де перед цим довгий час стояли морози, приходить тепле і вологе повітря. Потрапляючи на охолоджену засніжену поверхню суші, повітряні маси сильно охолоджуються знизу, і в результаті цього значна частина України вкривається суцільним покривалом туманів. Ці тумани на відміну від туманів випромінювання утворюються не тільки в ясну погоду, але й в хмарну, не тільки при відсутності вітру, але навіть навпаки – завжди при наявності вітру. Вдень ці тумани не розсіюються, як це буває з туманами випромінювання. Коли туман тримається тривалий час, охолодження, продовжуючись, веде до випадання з повітря вологи – знаходячись в такому тумані, ми помічаємо, що наше волосся й одяг стають вологими; більше того; маленькі краплини туману буквально в нас на очах повільно осідають. Цей туман називають ще змочуючим, а опади, що випадають, називають не дощем, а мжичкою, чи мрякою. Особливо густі й потужні тумани випромінювання можуть утворюватися при тихій морозній погоді. Якщо температура повітря нижча – 20 °С, туман складається з кристаликів льоду, хоч відомі випадки, коли й при 40 – градусних морозах тумани складаються з крапельок води.

Мороз малює на вікні.

Зимою в сильні морози на вікнах будинків, у транспорті можна спостерігати красиві льодяні узорі. Дивний витвір зими цей морозяний льодяний «живопис». Чудові гілки і квіти, пір'їні диких птахів, прозорі веселкові зорі – сніжинки, тонкий геометричний орнамент... - морозні узорі різні і неповторні. А інколи пухкий сніговий покрив на склі – це шар маленьких льодяних кристалів, матова поверхня якого є прикладом ідеально розсіювального екрана. Чи приходилось вам бачити як зароджуються льодяні малюнки на віконному склі? Самі перші кристали льоду появляються на віконному склі не випадково, не будь де, а вздовж подряпин; мікро розколин і інших дефектів які є завжди на склі. Поблизу цих вузьких щілин холодне повітря вступає в контакт з водяною парою. Кожен раз коли вони приходять у зіткнення, тепло спрямовується вгору, а холод опускається донизу. Адже в теплі речовина розширюється, а на холоді стає більш густішим і важким. Тому, коли пара, яка зібралася всередині прямує наверх, то холод, який зібрався з протилежної сторони спрямовується в середину, від чого краї відкритого вікна чи щілини стають особливо холодними. Досягаючи їх пара буде поступово замерзати, а його речовина – охолоджуватись настільки, що досягнувши його, нова порція пари також замерзає. Подача пари не припиняється, а прямо всередину поступає холодне повітря. Рух пари і повітря то в одну, то в іншу сторону створює полоски і гострі промені. На них осідає пара. Таке явище можна спостерігати не тільки зимою при замерзанні віконного скла, але і при конденсації пари. Це явище називають декоріруванням (від латинського decoro – прикрашаю). Дефекти є ніби «затравочними» центрами для росту кристалів на поверхні. Розміри кристалів під час їх росту можуть перевищувати характерні розміри мікро дефектів. Рідина конденсується перш за все в порах і тріщинах. При дальшому охолодженні рідини і її замерзанні вздовж розколин і подряпин появляються кристали конденсату, наприклад льоду. Так, що неймовірна краса морозяного узору утворюється завдяки нерівномірній поверхні скла.

Снігові перемети.

Ділянки шосейних доріг, які проходять в долинах заносяться снігом, навіть коли не випадає сніг. Чому це відбувається? На перший погляд відповідь зрозуміла: сніг переносить вітер. Але щоб детально розібратись в механізмі цього процесу потрібно ціле дослідження.

В 1936 році англійський фізик Бенгольд вивчав перенесення піску вітром в аеродинамічній трубі.

Виявилось, що якщо швидкість вітру менше ніж швидкість U_1 , то пісок не рухається. При швидкості вітру, більшому ніж U_1 , але меншій деякої іншої швидкості U_2 , пісок також може залишатися в спокої. Але якщо при цьому в нерухому масу піску падає піщинка, то від її удару підскакує вгору кілька інших піщинок. Ці піщинки відносяться вітром, падають, приводять в рух інші піщинки, і в результаті пісок переноситься по вітру. При швидкості вітру, більшій ніж U_2 , піщинки здіймаються вгору, створюючи піщано-повітряний потік доволі значний, але зменшеної до верху густини. Можна пояснити, чому сніг в вітряну погоду заповнює виїмки. В місці заглиблення потік розширюється і тому швидкість його падає. В результаті рівновага між віднесеними вгору і падаючими вниз частинками порушується: в западину падає більше частинок, ніж з нього піднімається, й заглиблення поступово заповнюється снігом.

Аналогічні процеси відбуваються і в тому випадку, коли сніг, перенесений вітром, зустрічає на своєму шляху будь-які перешкоди, наприклад дерево. Перед стовбуром дерева з тієї його сторони, звідки віє вітер, виникає висхідний рух повітря. Він приводить до того, що з сторони вітру стовбура і з боків на поверхні снігу утворюється глибока ямка. Перед цією ямкою і трохи позаду стовбура, де швидкість вітру менша, утворюється, навпаки підвищення.

Описане явище використовують для захисту ділянок доріг, які проходять в долинах, від переметів. На певній відстані перед ямкою чи долиною з тієї сторони, звідки віє вітер, встановлюють пліт з дерев'яних щитів. За щитами утворюється затишна зона з рівномірно слабким вітром, в якій повністю відкладається весь сніг, що переноситься вітром.

Так само пояснюється рух піскових дюн. Вітер достатньої сили, що набігає на піскову дюну, підіймає пісок навітряної сторони. На підвітряній стороні, де швидкість вітру менше, пісок падає вниз. В результаті з часом дюни поступово переміщуються в напрямку вітру – «кочують».

Вікторина.

1. 4 грудня 1892 року в Саксонії випав сніг. Сніжинки в діаметрі сягали 12 см. Поясніть це незвичайне явище.

Відповідь. У верхніх шарах атмосфери температура повітря завжди нижча, ніж біля земної поверхні. В цих шарах утворюються невеликі кристали льоду – «алмазний» пил. Падаючи, вони потрапляють в шари повітря, температура яких постійно збільшується, і пар, що знаходиться в цих шарах, торкається до холодної сніжинки і конденсується на ній збільшуючи її розміри. Якщо температура повітря близька до 0⁰С, то поверхні сніжинок «оплавляються» і, злипаються між собою, утворюють сніжинки великих розмірів.

2. Як утворюється град великих розмірів?

Відповідь. На висотах, де температура від'ємна, в хмарі міститься велика кількість кристаликів льоду і краплин переохолодженої води. При зіткненні водяної краплі з кристаликом льоду, краплина миттєво замерзає, утворюючи градину, яка росте до тих пір, доки висхідний повітряний потік може утримати всю масу таких градин.

3. пояснити, де швидше зникне сніг: з пагорбів чи рівнин? Чому?

Відповідь. З пагорбків, тому що води швидше обдуваються теплим повітрям, ніж рівна місцевість.

4. Чому навколо стовбурів дерев сніг тоне швидше?

Відповідь. Стовбур дерева темний, він нагрівається швидше і випромінює багато тепла.

4. Взяти в руки маленьку льодину. Подмухати на неї. Що утворилось в тому місці, куди ми дмухали?

Відповідь. Отвір. Коли ми дмухали, з потоком повітря тепло нашого дихання передавалось льдині, і вона танула в тому місці, звідки ці потоки поступали.

5. Виміряти температуру снігу, на сніг посипати сіль, перемішати і знову за допомогою термометра виміряти температуру. Що спостерігаємо? Чому?

Відповідь. Температура знизилась. Коли сіль перемішується зі снігом, внутрішня енергія снігу зменшується, оскільки частина її іде на руйнування кристаликів солі.

6. Розгляньте уважно сніг. Чому після того, як почало пригрівати сонечко, він набув вигляду крупинок?

Відповідь. Під дією Сонця верхні шари снігу тануть, вода, протікаючи вниз, зволожує нижні шари; вночі вони промерзають і утворюються кристалики льоду.

7. Була зима. Подорожуючий зайшов у кімнату з вулиці. Крізь замерзлі вікна був видимий лише край доріжки. «Господиня квартири лінива», - подумав він. Чому він зробив такий висновок?

Відповідь. Вікна господині замерзли. Отже, в простір між рамами проникло з кімнати тепле повітря і при дотику до холодного скла замерзло. Значить вікна погано утеплені.

8. Господиня відкрила двері і впустила кішку. Подивившись на неї подорожуючий сказав: «Погода на вулиці холодна». Як він це визначив?

Відповідь. Очевидно, по шерсті кішки. Під час холодної погоди шерсть стає пухнастою, щоб між ворсинками було більше повітря – поганого провідника тепла.

9. Шар снігу навіть при мінусовій температурі частково зменшується. Куди він зникає?
Відповідь. Тверді тіла здатні випаровуватись. Цей процес називається сублімація.

10. Чи може влітку випасти сніг?

Відповідь. Влітку сніг падає часто, але не досягає поверхні Землі. Сніжинки, опинившись в теплих шарах повітря, тануть і перетворюються в краплі великих розмірів. Такий дощ називають зливою.

10. Чому, якщо при сильному морозі доторкнутись пальцями до металу, вони прилипнуть, якщо доторкнутись до дерева – ні?

Відповідь. Теплопровідність металу дуже велика, тому тепло швидко відводиться від пальця. Отже, коли ми торкнемось холодного металу, волога, яка є на поверхні пальця, замерзне, і тому палець може «примерзнути» до предмета.

11. Чому взимку багаття горить яскравіше, ніж влітку?

Відповідь. Внаслідок зниження температури повітря стискається, густина його зростає, тому один і той самий об'єкт міститиме більше кисню, ніж влітку. Крім того, в холодну пору року конвекція повітря відбувається інтенсивніше.

12. Чому сніг під ногами рипить тільки в сильний мороз?

Відповідь. При невеликому морозі під тиском ноги сніжинки тануть, а на сильному морозі – ламаються. Кожна сніжинка, ламаючись створює слабенький звук, а коли під ногами одночасно ламається велика кількість сніжинок, виникає дуже сильне рипіння.

13. Чому забруднений сніг тоне швидше ніж чистий?

Відповідь. Забруднений сніг краще поглинає сонячне проміння і тому швидше тоне.

13. Для чого взимку дороги і тротуари посипають піском?

Відповідь. Це роблять для того, щоб збільшити силу тертя.

14. Чому лід під ковзанами більш слизький, ніж під ногами?

Відповідь. Площа опори людини, що стоїть на ковзанах, значно менша, ніж без них, а тому тиск набагато більший. Якщо мороз не дуже сильний, то лід під збільшеним тиском тоне. Утворена вода служить мастилом, яке зменшує тертя і полегшує ковзання.

15. Чи вірна прикмета: якщо ніч хмарна, то приморозків не буде?

Відповідь. Хмари затримують теплове випромінювання ґрунту, відіграючи таку саму роль, як скло в парниках.

16. Чому людина змерзнувши починає тремтіти?

Відповідь. Під час тремтіння внаслідок скорочення м'язів зростає теплотворення.

17. В якому взутті ноги людини мерзнуть більше: тісному чи просторому?

Відповідь. У тісному, оскільки там дуже малий шар повітря.

18. Мерзнути, людина вкривається «гусячою шкірою». Чому?

Відповідь. Це залишки інстинкту, який є у тварин: під час холоду пір'я та шерсть настовбурчуються (шар повітря, який при цьому утворюються, служить теплоізолятором). Людині, правда, тепліше від цього не стає.