

## Чудатият лед<sup>1</sup>

Л. Херманс

Водата е голяма работа, особено когато замръзва! Тя става хлъзгава и е забавно да се пързалиме върху нея. Но защо ледът е толкова хлъзгав? Не заради това, че е гладък. Стъклото, например, също е гладко, но не е хлъзгаво. За да направите една гладка повърхност хлъзгава, върху нея трябва да има слой вода. И наистина, когато се пързалие върху лед, вие всъщност се пързалие върху тънък воден слой.

От къде обаче идва тази вода? Мнозина смятат, че наличието ѝ се дължи на налягането, упражнявано от кърките върху леда. Наистина, с увеличаване на налягането температурата на топене се понижава, а теглото на къркьора, разпределено върху тънкото острие на кърката, предизвиква значително налягане върху леда. Ако направите пресмятанията обаче, ще се окаже, че понижението на точката на топене е най-много няколко десети от градуса. Така че подобно обяснение е погрешно. Това не би трябвало да ви изненадва, като отчетете колко леко се плъзга по леда хоккейната шайба, въпреки относително малката си маса. Когато температурата е близко под точката на замръзване, върху повърхността на леда има воден слой с дебелина от порядъка на 70 нанометра. По принцип това се дължи на факта, че на молекулите от най-горния слой на леда липсват съседи от едната страна и те не са така здраво свързани, както разположените в дълбочина молекули. Затова ледът е мокър и това ни дава възможност да се пързалиме по него почти без съпротивление.

Толкова за удоволствието от пързалинето. Какво можем да кажем за процеса на замръзване, ако разглеждаме спокойна, не течаща вода? Разбира се, за замръзването ѝ трябва температурата на въздуха да бъде под нулата. Когато повърхнинният слой вода се охлади до към 4 °С, естествената конвекция размесва водата, тъй като по-топлите придънни слоеве имат по-малка плътност и се изкачват нагоре. Този процес продължава, докато цялата вода стигне температура 4 °С. По-нататъшното охлаждане на приповърхностния слой от 4 °С до 0 °С не предизвиква конвекция, защото от в този случай плътността на водата намалява и охлаждащият се слой остава на повърхността. Щом температурата му достигне 0 °С, започва замръзването. Това обяснява защо плитките води замръзват по-бързо от дълбоките.

А има ли нещо специално, свързано с процеса на топене на леда, когато температурата на въздуха се повиши? От съображения за симетрия може да предположим, че при еднакви по големина и с обратен знак температурни разлики, топенето ще протича със същата скорост, с която протича и замръзването.<sup>2</sup>

Грешка! При замръзване в спокоен студен въздух, намиращият се непосредствено до леда въздушен слой е малко по-топъл, отколкото останалия въздух<sup>3</sup>. Естествената конвекция го издига нагоре и на негово място идва по-студен въздух, който охлажда леда и способства за продължаване на замръзването. Обратно, ако вследствие високата температура на въздуха ледът се топи, ледът е относително студен, той охлажда приповърхностния въздушен слой и последният, като по-плътен от намиращите се над него слоеве, не се издига. В този случай няма конвекция, която да ускори преноса на количество топлина към леда, необходимо за топенето му. Заключение е, че топенето е по-бавен процес от замръзването.

Къркьорите не обичат ледът да изтънява. За щастие, докато температурата на въздуха остава под нулата и ако можем да пренебрегнем лъчепоглъщането, дебелината

<sup>1</sup> Превод от Europhysicsnews, 41/6, 2010.

<sup>2</sup> С други думи от съображения за симетрия можем да очакваме, че скоростта на замръзване на водата, когато температурата на въздуха е примерно -5 °С, е равна на скоростта на топене на леда, когато температурата на въздуха е +5 °С. (Бел. прев.)

<sup>3</sup> При замръзването на водата се отделя количество топлина! (Бел. прев.)

на ледения слой би трябвало да остава постоянна. Или не? Ние знаем, че даже под  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  съществува крайно налягане на парите, така че водните молекули чрез сублимация могат да преминават направо от твърда в газова фаза. Оттук мнозина кълкьори биха заключили, че това е лоша новина, защото този процес би довел до изтъняване на леда.

Отново погрешно! Сублимацията охлажда повърхността на леда, като отдаденото на въздуха количество топлина е сума от топлината на топене и топлината на изпарение. Това е почти на порядък повече от топлината на топене. В резултат се оказва, че охлаждането предизвиква по-бързо нарастване на дебелината на леда отдолу, отколкото намаляването на дебелината отгоре вследствие на сублимацията.

И така, ако си мислите, че всичко за водата и нейните фазови преходи е тривиално, може да се изпързаяте...