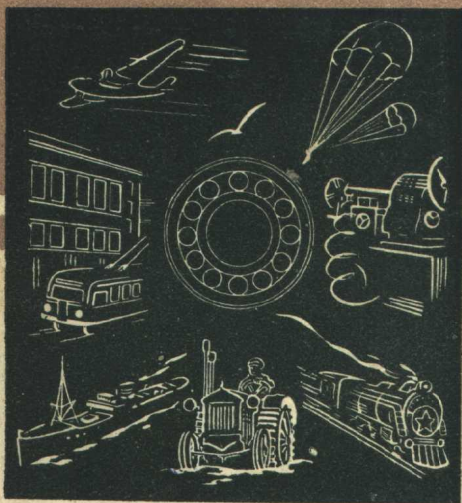


蘇聯青年科學叢書

力 擦 摩

李 索 夫 斯 基 著
沙 洛 茂 諾 維 奇
葉 明 譯



開 明 書 店

蘇聯青年科學叢書

摩 擦 力

李 索 夫 斯 基 著
沙 洛 茂 諾 維 奇
葉 明 譯

開 明 書 店

摩 擦 力

(СИЛЫ ТРЕНИЯ)

每册售價人民幣 4,000 元

10 (擦 2331)

著 者	蘇聯	李 索 夫 斯 基 (Л. ЛИСОВСКИЙ) 沙 洛 茂 諾 維 奇 (А. САЛОМОНОВИЧ)
譯 者	葉	明
原著版本	ГИЗКУЛЬ,	1 9 4 8
出 版 者	聞 明 書 店	(北京西總布胡同甲50號)
印 刷 者	華 義 印 刷 廠	(北京東單鬧市口39號)
發 行 者	三聯·中華·商務·開明·聯營 聯合組織 中國圖書發行公司	(北京絨線胡同66號)

1952 年 2 月初版 (1-1000) 42 P 32 K

有著作權 不准翻印

目次

一	世界上如果沒有摩擦	1
	初次相識	1
	和物體搏鬥	2
	沒有摩擦，機器能工作嗎？	6
	沒有摩擦的自然現象	9
	摩擦是我們的同盟者還是敵人	10
二	摩擦和運動	13
	沒有運動的摩擦	13
	什麼阻礙着滑動和滾動？	15
	關於黏滯性摩擦	18
	潛水艇為什麼像魚？	20
	提琴、車刀和馬車	25
	乾摩擦什麼時候變為溼摩擦？	28
三	珍貴的熱	33
	永動機的死敵	33
	什麼是機械效率？	35
	沒用的機器	41
	幾個數目字	43
	摩擦和磨損	44
四	人們怎樣為反對摩擦而鬥爭	47
	人和摩擦相識	47
	車輪從哪兒來的？	48

車輪怎樣尋到了自己的道路.....	50
機器爲什麼需要塗油?.....	54
減摩合金.....	57
改變技術的發明.....	60
五 摩擦在顯微鏡下	63
摩擦的本質是什麼?.....	63
物體表面的地理學.....	65
物體表面的化學.....	68
乾摩擦的兩個起因.....	69
是兩個還是一個.....	73
再談黏着性.....	77
六 結語	80

一 世界上如果沒有摩擦

初次相識

摩擦！

這個名詞每個人都熟悉它。而且一提到摩擦，就很容易使人聯想到跟它有關的某種減速運動或制止運動。

日常生活的經驗告訴了我們，運動和摩擦間確有聯繫。我們知道，任何運動都免不了有摩擦的。

例如不論我們將互相接觸的兩個表面如何琢磨、打光和上油，也只能將它們中間的摩擦減少五倍、十倍，甚至百倍。可是無論用什麼方法，也不能完全除掉了它。

關於摩擦，我們還知道些什麼呢？並不太多。我們知道有時候在應該發生運動的地方，偏偏沒有發生運動，人們就說：那是由於摩擦的緣故。

又知道，只有在物體的表面互相接觸，或者和周圍環境的介質——水或空氣——接觸時，纔發生摩擦力。

還知道，摩擦和物體表面的性質及介質的性質有密切關係。

隨着工業和運輸的發達，工程師和科學家們曾經尋覓一切新方法，來減少摩擦的不良作用，而他們在這上面也曾達到

巨大的成功。

我們從日常生活中所知道的關於摩擦的一切，使我們認定摩擦是有害的，又認定和它鬥爭是合理的，自然的，必要的。於是我們進一步幻想有個絕對沒有摩擦的世界，同時又惋惜這個幻想的無法實現。

不過照這方式推理時，我們會發現自己對於這些普遍而複雜的現象只有一點十分膚淺的知識。而我們這個過分草率的結論，僅僅會證實我們時常留意不到經常存在於我們身邊的事物。

讓我們認真研究一下，根除摩擦的想法，究竟是不是犯了嚴重的錯誤。

和 物 體 搏 鬥

暫且設想一件由不可能變為可能的事。假定由於某種緣故，物體的性質變化了，使摩擦立刻完全消滅。那麼，在任何地點，任何條件，也沒有一點力量抵擋隨便哪一個運動，並且所有物體的表面都已變得比冰還要滑潤，即使互相接觸得極其密切，也不會彼此軋住。

空氣和水失掉了黏着性。在運動着的物體面前，它們好像自己要躲開似的，沒有一點阻力。

沒有摩擦了，似乎就可以把凡是有關摩擦的事物都忘掉，而單單地利用因摩擦消滅而得的利益。這些利益倒不算

少；例如延長機器的壽命，增加運動的速度，停止各零部件的磨損……。

然而讓我們看，我們會不會很快就完全忘卻摩擦呢？

假設現在是一個消失了摩擦的早晨；是你剛剛睡醒的時候。

……奇妙的夏晨。金黃色的陽光照耀着屋頂，穿過了窗櫺。可是喚醒你的，不是溫暖的陽光，卻是寒冷。原來你的被子橫臥在地上了。你伸出手打算拾它起來，但是出於意料之外：它竟那樣圓滑而柔軟地從你手裏滑落。你這纔想起，過去使你能够握住被子的摩擦不復存在了！被子是因本身的重量而滑落下去的。大概它是在摩擦消逝的一剎那間溜下牀去的。

你完全蘇醒了。展望着四周，這是你的房間嗎？門窗仍舊立在原處。可是它為什麼變得這麼奇怪？為什麼桌子不在它停立了多少年月的哪個角落？櫃櫥為什麼也湊在它的鄰近？是誰把它由門旁擡了過來的呢？為什麼滿屋子傢具都靠攏在一面的牆邊？你的睡牀為什麼又搬到了桌和櫃之間？甚



T

圖1 寢室中的正常狀態
(T 表示有摩擦力)



圖2. 摩擦力消失後的寢室 (T 上加一交叉表示沒有摩擦力)



圖3. 比冰還滑的地板
起來, 穿上衣服; 唉! 現在就連穿衣服也不是輕而易舉的事啦! 衣服從肩上滑落, 鞋帶鬆脫, 它們失去了一切繫縛的效能。沒有摩擦力來束縛他們了, 所以輕微的

至連牀下的靴子也遷了新居 (圖1和2)。

把室內弄得雜亂無章的那個無形的丑角是物體所受的重力。地板照例是不會真正水平的, 但是你以前未曾覺察到這一點, 因為摩擦力曾將所有的物體停留在指定的位置上, 抵抗着物體所受的重力, 不使它滑往地板上位置最低的一方面去。

但是摩擦消失了——傢具的重量變成了全權的主人, 她把所有的東西, 都挪到了房間最低的地方。

然而這些瑣事, 並不能攪擾你的愉快的心情。你快活地吹着口哨, 從牀上起身, 但在脚尖着地的一瞬間, 你便跌倒在比冰還要滑的地板上。兩腿向不同的方向滑出去 (圖3)。這是因為腳和地板之間已經沒有一點摩擦。最輕微的一推就可以使你失去安定性。

你吃力地撐着冰一般滑的椅子站了

一揪，就使它們鬆開。你幾次想把鞋帶繫上，但終於失敗了！幸虧你靈機一動，還是換根鐵絲罷！不錯，你把鐵絲兩頭捏攏起來，你纔緊緊地繫住了你的鞋。

在這裏是鐵絲的彈性代替了鞋帶的摩擦。草率地穿上了衣服，你小心翼翼地移動着遲緩的脚步去洗臉。眨眨眼你已經溜到臉盆架那邊去了。幸虧抓住了牆，你纔勉強掙扎到洗臉盆前。

但還有意外的事情在等着你。水管子開着，水流嘩嘩的傾瀉出來；龍頭鬆了，再也沒有摩擦力制止它的旋轉。由水管子流出的水，也不像往日那樣安靜地流着。簡直不是自來水了，這是鎮壓不住的一股狂怒的激流，像從消防唧筒裏噴射出來的一般（圖4）。

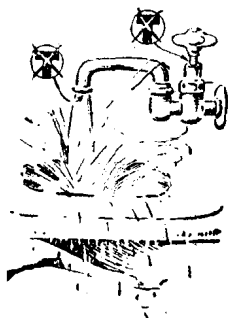


圖4. 狂怒的激流

過去制止水流的摩擦力，再也不能緩和‘水塔’壓水的壓力了。

水流向臉盆沖擊，造成了暴風雨一般的漩渦，無論如何，臉是洗不成了。你企圖緊緊扭轉龍頭，卻是枉費氣力。只消一鬆手，龍頭馬上又旋開來。繫鞋帶的沮喪的經驗，使你不es再用繩來繫它了。你深深地體會到，世界上沒有摩擦，是不能打結繫扣的。水龍頭終於還是用鐵絲栓住了，咆哮的水被關鎖在水管裏。這樣，你纔算洗了臉。

• 讓我們這篇幻想的故事就此中止罷！我們已經看出，世界上若是沒有摩擦，一切物體都會失去安定性，不能立在它原來的地位上。許多物體都會產生非固有的意外性質。而人們在這個古怪的世界裏該是多麼張惶失措啊！

然而我們在這裏還沒有說完摩擦消失以後，會引起的一切嚴重後果。

沒有摩擦，機器能工作嗎？

把釘子釘在木板裏，不用鉗子能夠拔出來嗎？那麼是什麼在木板裏挾着釘子的呢？釘子的表面不是很滑嗎？並且它還是直的，似乎沒有什麼能使它抓住木板。那麼，究竟是什麼把它挾住的呢？是摩擦力。

釘釘子的時候，釘子尖裂開了木板的纖維，撞成一個洞，釘子纔鑽了進去。被裂開的纖維，由於本身的彈力作用，又重新回來四面八方的擠着釘子。由於釘子和木頭的互相壓擠，發生很大的摩擦力。釘子纔和被塞在壓榨機裏的一樣。

現在可以明白，為什麼釘子不能牢固地釘在舊孔裏了。釘子拔出之後再釘進去時，木頭纖維就會被破壞得很厲害，因而它們所生的壓力也就會極微弱。木頭和釘子中間的摩擦力比較第一次釘進去的時候更小了，釘子當然就不能再像第一次那樣堅固地留在木頭裏面。

假如摩擦力消失了，木頭纖維在光滑的釘子上就不生任

何壓力，而釘子也就要十分自由地滑動。很小的力量，就可以將釘子拔出來（圖5）。不僅釘子是如此，木匠用的木尖劈和機匠用的聯動金屬尖劈，也是如此。木尖劈和聯動金屬尖劈也像釘子似的，被摩擦力嵌在凹線中，把木塊或機器的零件接合起來。若是摩擦力消失的話，它們就成了毫無作用的廢物。也許有人要反駁說：用別的方法也能接合各種零件啊！譬如可以用木螺旋接合木頭各部，用螺絲釘接合金屬各部。金屬和木頭又都可以用螺絲釘和螺絲帽結合住呀！帶有螺紋的種種螺旋，不會那麼簡單地就脫出來的，沒有摩擦力它們也將扣在一起。至少初看時是如此。

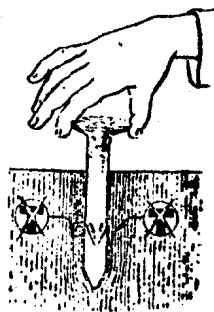


圖5. 釘子就很容易拔出來了

然而這不過是初次瞥見的情形。其實呢，這種想法的不對，也很容易證明。讓我們先把螺絲釘套在乾燥的螺絲帽上，以後再套在塗油的螺絲帽上；顯然螺絲釘比較容易旋進塗了油的螺絲帽。為什麼會有難易呢？人們都知道這因為是塗油減少了摩擦。但塗油僅能減少摩擦，並不能根絕摩擦。所以擰螺絲帽一定要使些力量，那怕是很小的力量。假若摩擦力完全消失的話，要把螺絲釘旋進螺絲帽或是旋出來，就不必費一點力量了（圖6）。結果

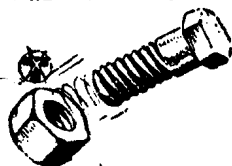


圖6. 螺絲帽滑了出來

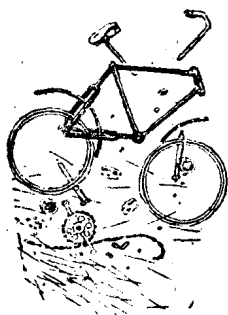


圖7. 機件四散飛去



圖8. 鞋釘都掉下了

被螺絲釘結合在一起的機器各部，一定會因震動和偶而觸碰就馬上散開，飛得到處都是（圖7）。我們的電動機和一切的機器因此都要成為廢物——它們在第一次試用時就會散掉。

照這樣看來，縱然是費了許多力氣，用鐵絲縛鞋，結果還是枉費心機；因為鞋釘都會掉下，一塊塊的皮都散開了（圖8）。

但是這還不够。即使我們能用某種方法，把汽車上的機件安裝到彼此沒有摩擦也能使車輪旋轉的程度，可是那個汽車能不能開動仍然是問題。

爲了回答這個問題，讓我們來想一想，車輪和馬路的摩擦比平常減少時，會發生什麼現象。冬天凍冰時，我們常常看見：司機開動了發動機，車輪已在冰上飛速地旋轉，但是車子卻絲毫不肯向前移動。司機想把它開走，必須增加摩擦——在冰上撒砂子，鋪樹枝，或者什麼也沒有時，就把自己的外衣脫下來鋪在冰上。

假如摩擦根本消失的話，輪子枉然旋轉的程度將更厲害了。那時立在平地上的汽車，不管它的輪子旋轉得多快，汽車也不能前進一步。砂子、樹枝和外衣都幫不上忙，因為一旦

摩擦不存在，所有這些東西，也不能使車輪向前推進一步。

再說怎樣停車。汽車司機所以能在馬路上停車於數公尺之內，是因為他踏下了連到制動片上的腳踏板（俗稱煞車），使制動片壓住了車輪上所裝的鼓形制動器。制動片與鼓形制動器之間這時候就要有摩擦，使車輪停止轉動。同時被停止轉動的車輪和馬路之間也會發生強大的摩擦。這種摩擦制止汽車運動時，車在經過了一段不長的距離後就停止了。在冰上，車輪與冰的摩擦較小，所以在冰上停車時，要比在街路上多走相當長的一段距離纔能停住。如果摩擦完全消逝呢，首先，要用煞車制止輪子的轉動，便是一件不可能的事。其次，即使車輪已經不動了，汽車自己仍然要沿着原路滑進，直到碰到障礙為止。

總而言之，沒有摩擦時我們就不能開車，也不能停車。

以上所說，不僅適用於汽車，而且適用於其他一切自動的車輛——火車、電車、腳踏車。這也就是說，我們認為那麼有害於運輸的摩擦，同時又是運輸中絕對不可缺少的東西。

沒有摩擦的自然現象

世間有許多砂丘。

海濱的砂丘，有時長到一公里。刮風——這是海上司空見慣了的——時，砂子會由一處轉移到另一處，即砂子會被風由一處吹起來，又堆積到另一處。海濱的砂丘總在更換着自

己的外貌，如同活的一樣。

是什麼團結着砂石的呢？是什麼使砂石一個疊在一個上



圖9. 飛沙走石



圖10. 驚濤駭浪

面而不向下滑落呢？全是這個到處都有的摩擦力。摩擦力如果消逝的話，億萬顆的砂石都要向下滑落，分佈於地球表面，和液體一般了。不僅砂石會向下滑落，山岳地帶也將發生嚇人的慘禍。不再受摩擦力牽制的千噸重的塊狀岩，由斜坡上坍下來時，巨大的震動將震撼地殼（圖9）。不再被摩擦削弱的風也將像颶風般飛速地吹着；巨浪沿海前進時將沖毀堤岸。因為在一般條件下，緩和風浪的摩擦已經消逝了，同時，風浪也將一刻也不平靜。江河將變成狂怒的激流，完全無法行船（圖10）。

可以斷然地說，摩擦的消失會給大地帶來不可想像的慘禍，以至我們這個星球的外表也變化得不能再認識了，而人類爲了生存下去，就需要有能力適應這個全新的環境纔行。

摩擦是我們的同盟者還是敵人

但是，實際上並沒有摩擦力的完全消失在威脅我們，而這也是最好不過的事。因為我們已經見到，這個似乎毫無補益反而有害的力量，在我們生活中是起着多麼大的作用。

一個人在他一生中隨時隨地所遇見的自然現象，沒有不包含摩擦的。我們步行或乘火車、汽車，坐馬車或坐雪橇，滑冰或滑雪，划船或騎腳踏車，在四野裏耕作，或在機牀旁做工，寫信或熨衣服——到處都有摩擦力發生。沒有摩擦力，就不可能有正常的生活。

我們習慣了摩擦，看慣它在必要的時候和需要的地方一定會發生，以致忘記了它，注意不到它。我們只有在想像它完全不存在時，纔會覺得它的可貴，纔會理解到，沒有它，我們將如何地張惶失措！調節運動的是它，不准速度過快的是它，把環繞我們周圍的東西安置在穩定的狀態中不准亂動的是它。使運輸工作和工業成為可能的也是它。它對我們的幫助真大極了。

現在我們纔明白，想像摩擦永遠有害是如何的錯誤。實際恰恰相反，大自然中就沒有比摩擦更需要的現象。

那末，說到最後，摩擦到底是有害還是有利呢？

一方面，沒有它不成，另一方面，它又給我們帶來了許多不幸。我們到底對它應取什麼態度呢？

答覆很簡單：大自然中沒有‘絕對有益的’和‘絕對有害的’現象。

人類在自己的利害關係當中，應該善於利用自然現象。我們需要摩擦時，讓它給我們服務，它就是有益的。摩擦妨礙我們時，它就是有害的，我們就要想盡辦法去減少它。

人們就這樣地步過了整個歷史的過程。但是，減少摩擦，一向比較增加摩擦困難得多。整個技術發展史都在為反對摩擦而鬥爭的旗幟下進行着。至於這場鬥爭是怎樣進行的，讀了下文就會知道。

現在讓我們先來敘述一下，大自然中究竟有多少種摩擦，它們怎樣和運動發生關係，又怎樣為運動所決定。

人們由於不斷地接觸摩擦力，就窺破了這些關係而發現了摩擦的法則。法則又幫助人們降伏了摩擦，使為己用。但是人們雖然知道了摩擦的法則，還不完全明瞭這種法則的所以然。還不知道，為什麼在一種情況下摩擦大，在另一情況下摩擦小——簡單說就是還不完全瞭解摩擦的性質。

因此，我們得說：現在我們所講的不是關於摩擦力的解釋而只是關於摩擦力的敘述。