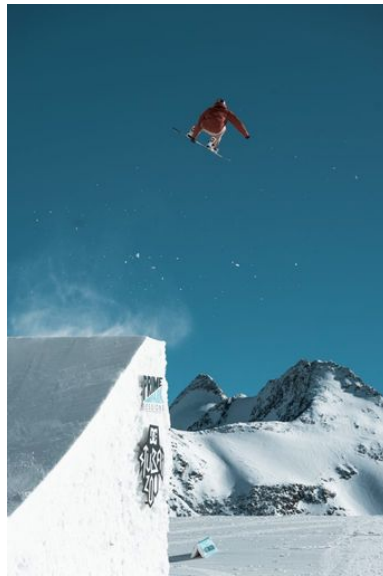


在滑雪板大跳台 (Snowboarding Big Air) 比賽，運動員從助滑坡飛速下滑，在起跳點騰上幾層樓高半空做各種花式。

問當運動員著地時，有甚麼方法可使運動員身體免受撞擊傷害？



首先，我們溫習力與動量 (momentum) 的關係：

動量 = 質量 × 速度
(momentum = mv)

作用於物體的力等於該物體的動量改變率
(Force on an object is equal to the rate of change of the object's momentum.)

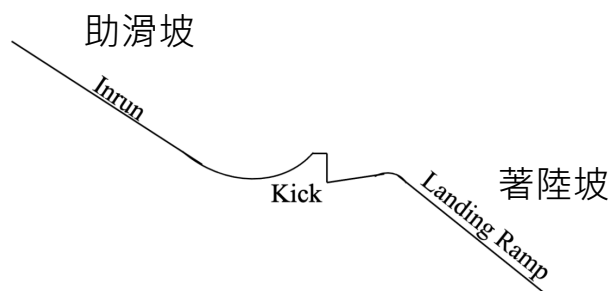
作用於物體的平均力 $\bar{F} = \frac{\text{動量改變}}{\text{衝擊時間}} = \frac{m(v-u)}{t}$ 要衝擊力小，是要“動量改變”小及/或“衝擊時間”長。

滑雪運動員從高空落地時，有以下方法可保護身體免受傷害：

- ① 屈膝。這可增加著地時間，從而減輕著地時的衝擊力。
- ② 利用滑雪板的可屈曲彈性。先讓滑雪板的一端著地，然後才把與地面的接觸位置轉為全個板底。這個又可增加著地時間。



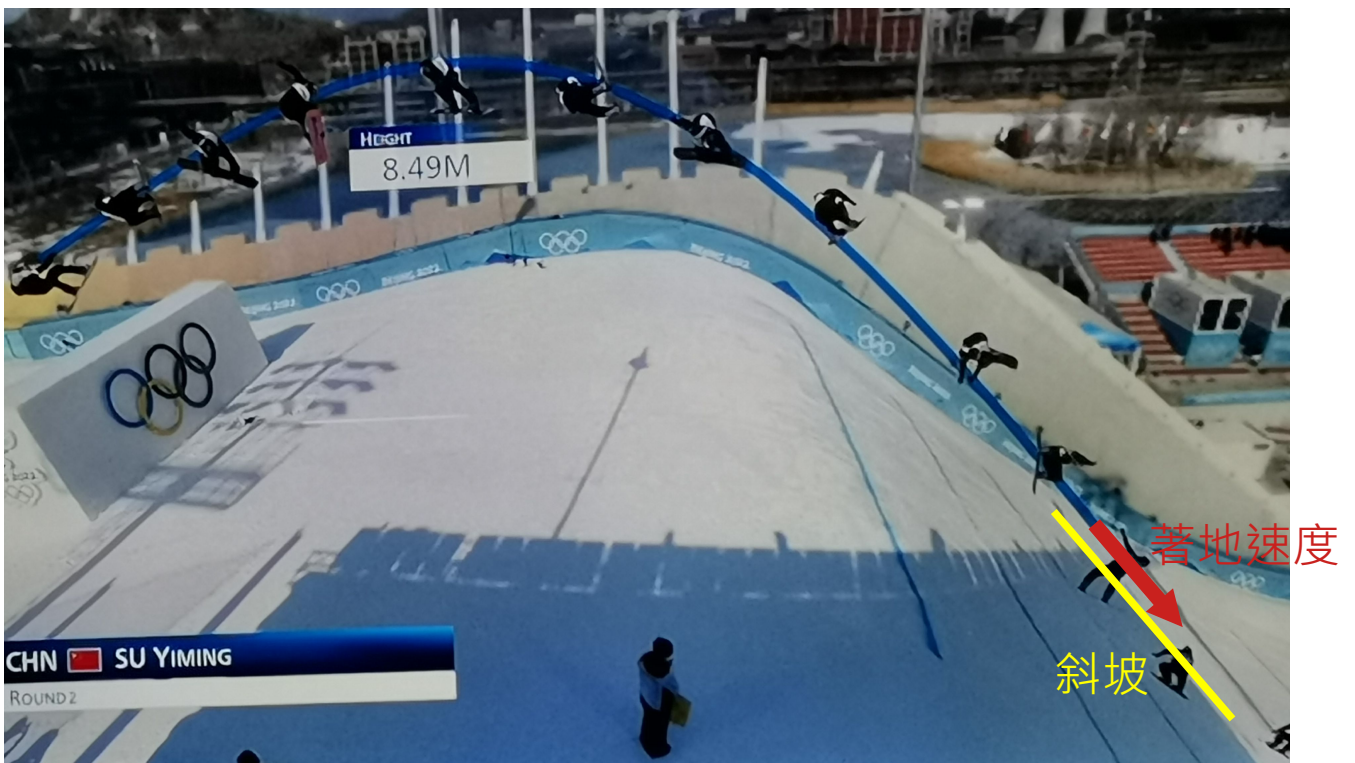
- ③ 但以上兩方法得到的幫助非常有限。最重要、重要的是運動員著陸的地方必須是一個大斜坡。

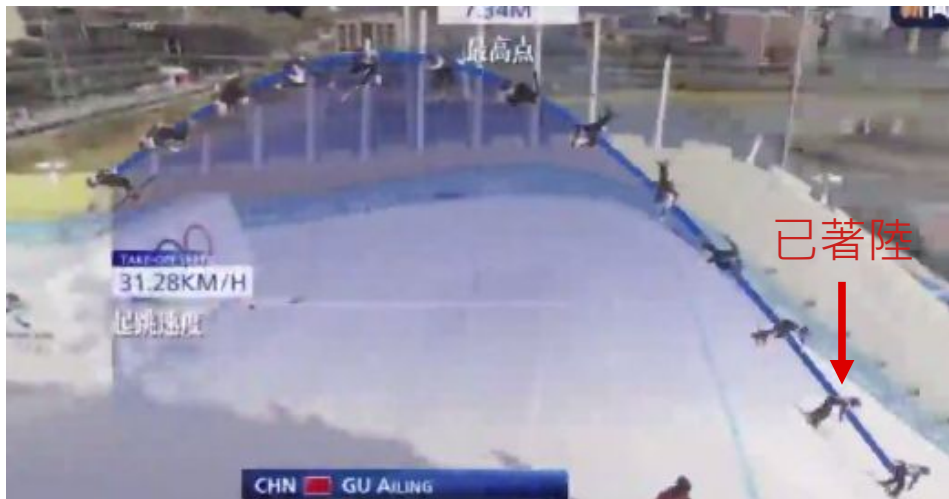


- ① 運動員從助滑坡滑下而獲得一個 向前的 高速。
- ② 運動員在起跳點騰空，在 空中的軌跡是拋物線。



- ③ 所以，運動員著地時的速度既有向下，也有向前的分量 (component)。只要著陸地面是斜面，兼且 斜面是平行於運動員著地時的合成速度 (resultant velocity)，那就最完美了。因為那時速度垂直斜面的分量為零，即是 著陸瞬間前後的速度沒有改變。速度沒有改變，動量沒有改變，斜坡施予運動員的力為零（當然，大家熟悉的“ $mg\cos\theta$ ” 仍然存在）。





上圖可見，空中的軌跡和著地後不久的軌跡連在一起，（大概）就形成了一條完美的拋物線。這說明了著地一刻速度沒有發生大變化（力製造加速，加速即是速度改變也）。

- ④ 從相同的高度滑下，躍起之後再落地。儘管每位運動員的滑行情況有別，但他們著地時的速度(方向和量值)應該會相差不多。雖然著地坡的角度是基於某一著地速度來設計，但都是大概可以符合每一運動員「著地速度平行於著地坡」這項安全要求。

其實，冰雪運動中如果涉及「騰空—著地」這動作，都是利用了「著地坡」來保護運動員。

最後，有興趣的讀者可參考 Scientific American 2018 年 2 月號的一篇文章，它是介紹大跳台所涉及的物理。以下是文章作者對「著地時如何避免受傷」這問題的闡述。 <https://www.scientificamerican.com/article/olympic-big-air-snowboarders-use-physics-to-their-advantage/>

Most snowboard jumps have a takeoff point followed by a flat area over which the riders perform tricks, and then a landing area that slopes downward at a maximum of 40 degrees. Many snowboarding injuries occur when riders fall onto the flat area; but PyeongChang's jump does away with it, and has only the downward slope for them to land. Physicists quantify potential impact in such situations using the concept of "equivalent fall height." A person falling straight down from 49 meters would certainly be injured. But when a snowboarder lands at an angle and keeps moving down a slope, the impact is equivalent to falling from a much lower height; some of the boarder's gravitational energy gets translated into forward-moving energy. Therefore, landing on a steeper downward angle is safer. For one thing, the knees have far less energy to absorb.

"During the [jump] design phase we look carefully at all measurements and flight curves while considering takeoff angles and landing angles," Roberto Moresi, contest director for park and pipe of the International Ski Federation (FIS), wrote in an e-mail response. "A good jump is when landing, they barely feel the impact, and that is our goal." The



作者：吳老師 (Chiu-King Ng)

<https://ngsir.netfirms.com>

<http://phy.hk>

電郵：feedbackWZ@phy.hk 其中 WZ 是 23 之後的質數