



IMMC 2026 Problem F (Greater China, Winter) (English 简体 繁體)
(For Teams of Junior Secondary School Only)

Halteres: Ancient Greek biohacking in modern school

The standing long jump is a part of both standard high school physical education classes all over the world and of the Olympic Games in Ancient Greece. Yet, the Greek way to do the jump was notably different: they used additional paired weights (so-called “halteres”) held in hands and moved in a special pattern. Counterintuitively, this did increase the length of the jump!



In the recent 20 years, there was a number of scientific publications investigating and explaining this phenomenon such as research by Huang *et al.* (2005), Filush (2012), and Tai *et al.* (2021). A good “pop-science” summary is in the video by YouTube channel “The Action Lab”: <https://www.youtube.com/watch?v=M72wHrPDBKQ>

(Image 1 from the British Museum, Asset Number 100399001.)



(Image 2 from the Internet.)

In short, the weights permit to accumulate additional energy during the propulsive stage of the jump due to a longer propulsion. Some works (e.g. Filush, 2012) considered the Greek technique of releasing the halteres in the end stages of the jump. Many works analysed fine biomechanical aspects of the phenomenon and used sophisticated measuring devices. Huang *et al.* (2005) determined the optimal weight of the halteres to be 8% of the body weight of the person.

The experiments in these works were done either on university students of 21-26 years old or with fixed weights. For junior high school students, the optimal weight may be quite different – due to different biomechanics of the still developing body.

Tasks

1. Design and run the required data-collection procedure on volunteering junior high school students – let them familiarise themselves with the halteres technique and measure their standing long jump distances without any additional objects and with halteres of different weights (which can be standard dumbbells or any other convenient objects). Measure the required parameters of the jumpers (weight, height, age, sex, and other parameters that you consider to be important). In the resulting report, describe your logic behind the choice of measurement procedure and the choice of parameters to be measured. Give a good description of the collected data. Take into account the following:
 - a. Test only the jump techniques **without** releasing the halteres – both for safety reasons and to reduce the variability. Test two techniques: (i) the “classic” one with moving the halteres to the back in the end of the jump; (ii) with the halteres left forward of the jumper’s body.
 - b. The jumps are not independent experiments if happen too close in time. The people do fatigue.
 - c. The newly learnt technique may improve with the number of repetitions.
 - d. Exercise safety! The halteres may slip and unintentionally fly forward or back. Choose safe directions when jumping!
2. Analyse the obtained data (i.e. build a descriptive mathematical model of the data) and determine the optimal weight of the halteres as a percentage of the body mass of the jumpers.
3. Analyse how the weight of the halteres affects the distance of jumping of the same person. Huang *et al.* (2005) in their Fig.1 collate data from different persons and approximate it with a parabola, but it can be an inappropriate model for individual persons.
4. Build a mathematical model that explains the optimal halteres weight as a function of not only body weight, but all other jumper’s parameters that you consider relevant and measurable. How much more precise is this model as compared to your model from Task 2?

References:

- C. Huang *et al.*, 2005. The Effect Of Hand-Held Weights On Standing Long Jump Performance. International Symposium on Biomechanics in Sports (Conference ISBS 2005).
- A. Filush, 2012. Effect of Using Hand-Weights on Performance in the Standing Long Jump. Masters Theses, Grand Valley State University, Michigan, USA.
- W-H Tai *et al.*, 2021. Acute Effects of Handheld Loading on Standing Broad Jump in Youth Athletes. Int J Environ Res Public Health.18(9):5046.

Glossary

Halteres: a type of dumbbell used in ancient Greece.

Submission

Report submitted by your team should contain a 1-page abstract and the main text should not exceed 20 pages. Appendices and references should follow the main text and do not count towards the 20-page limit

Special Note

The principles of *Honor System* of IMMC also applies to the use of LLMs (large language models) or generative AI tools. If a team uses any large language model or generative AI tool in completing the modeling tasks, from problem research, model development, programing to paper/report writing, the team must make honest, open and transparent disclosure, including making in-text citations and detailing relevant content in the "References" section. It should be recognized that although large language models or generative AI have the advantages of productivity tools, they also have obvious shortcomings and pose risks to users (such as AI-generated content containing AI hallucinations or possible plagiarism in the produced content). Whether or not using large language models or generative AI tools itself in the team's work has no impact on judges' evaluation; the judges seriously remind every team that if any AI tool would be used, use it responsibly, correctly, honestly, open and transparently.



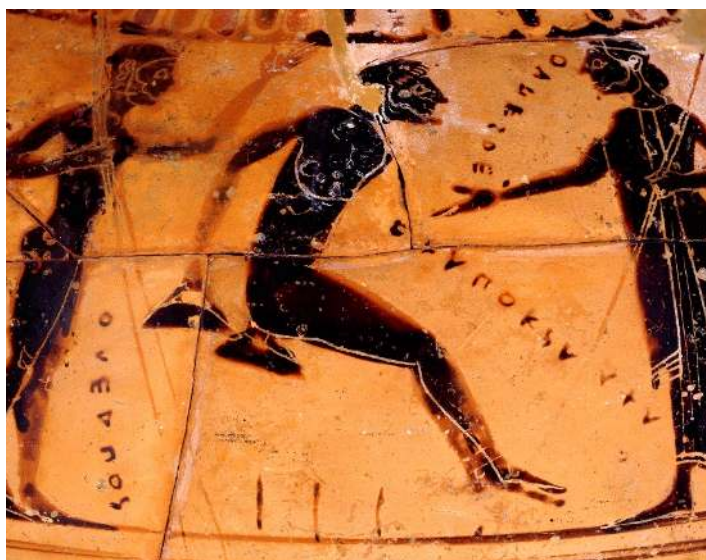
IMMC 2026 中华赛 F 题 (冬季赛) (English 简体 繁體)
(初中组别专用)

哈特雷斯：古希腊“生物黑客”技术再现现代学校

立定跳远是全球中学体育课中普遍包含的一项运动项目，同时也是古希腊奥林匹克运动会的比赛项目之一。然而，古希腊人的跳远方式与现代人明显不同：他们会手持一对额外的配重器（称为哈特雷斯，即 *halteres*），并按照特定的动作模式摆动。反直觉的是，这种方式确实能增加跳跃距离！

在最近二十年内，已有多篇科学论文对这一现象进行了研究与解释，如 Huang 等人（2005）、Filush（2012）以及 Tai 等人（2021）的研究。一个通俗易懂的科普总结可见于 YouTube 频道 *The Action Lab* 中的一条视频：

<https://www.youtube.com/watch?v=M72wHrPDBKQ>



(图片 1 来自大英博物馆，藏品编号 100399001)

简而言之，配重器的使用可以延长起跳的推进阶段，从而在这一阶段积累更多能量。一些研究（如 Filush, 2012）研究了希腊人在跳跃后期释放哈特雷斯的技术。许多研究还分析了这一现象的细微生物力学特征，并借助精密仪器进行测量。Huang 等人（2005）发现，哈特雷斯的最佳重量约为人体重量的 8%。



(图片 2 来自互联网)

这些实验大多要么在 21 - 26 岁的大学生中进行，要么使用固定重量的配重器。然而，对于初中生而言，由于身体仍处于发育阶段及其不同的生物力学特性，使得最佳配重重量可能会有所不同。

任务

1. 设计并实施所要求的数据收集程序，招募自愿的初中生——让他们熟悉哈特雷斯技术，并测量他们在不使用任何额外物体和使用不同重量的“哈特雷斯”（可以是标准哑铃或其他方便的物体）情况下的立定跳远距离。测量跳跃者的相关参数（体重、身高、年龄、性别及其他你认为重要的参数）。在结果报告中，说明你所选择测量程序和测量参数背后的逻辑依据，并对所收集的数据进行良好的描述。请注意以下事项：
 - a. 仅测试不释放哈特雷斯的跳跃方式——既出于安全考虑，也为了减少结果的变异。测试两种技术：(i) “经典法”——在跳跃结束时将哈特雷斯向后摆动；(ii) 将哈特雷斯保持于身体前方。
 - b. 如果跳跃间隔时间过短，实验并非相互独立，因为受试者会产生疲劳。
 - c. 刚学习的新技术可能随着重复次数增加而有所改进。
 - d. 确保安全！配重器可能会滑落并意外飞出前后方向。选择安全方向进行跳跃！
2. 对获得的数据进行分析（即建立数据的描述性数学模型），并计算出哈特雷斯的最佳配重应为体重的百分比。
3. 分析同一受试者在不同配重下的跳跃距离变化规律。Huang 等人（2005）在其论文的图 1 中汇总了不同个体的数据并用抛物线近似拟合，但该模型未必适用于个体。
4. 建立一个数学模型，将哈特雷斯的最佳重量不仅视为体重的函数，还要考虑其他你认为相关且可测量的跳跃者参数。与你在任务 2 中建立的模型相比，此模型的精确度提高了多少？

参考文献:

- C. Huang *et al.*, 2005. The Effect Of Hand-Held Weights On Standing Long Jump Performance. International Symposium on Biomechanics in Sports (Conference ISBS 2005).
- A. Filush, 2012. Effect of Using Hand-Weights on Performance in the Standing Long Jump. Masters Theses, Grand Valley State University, Michigan, USA.
- W-H Tai *et al.*, 2021. Acute Effects of Handheld Loading on Standing Broad Jump in Youth Athletes. *Int J Environ Res Public Health*.18(9):5046.

词汇

哈特雷斯 (Halteres) : 古希腊时期使用的一种哑铃。

提交

你的团队所提交的论文应包含 1 页摘要，其正文不可超过 20 页。附录和参考文献应置于正文之后，不计入 20 页之限。

特别说明

IMMC“诚信赛制”的原则同样适用于大语言模型或生成式 AI 工具的使用。如果团队在完成建模任务过程中有使用任何大语言模型或生成式 AI 工具，从问题研究、模型开发、程序编写到论文写作等建模工作的方方面面，团队必须诚实和公开透明地做披露，包括做出文内标注和在“参考文献”部分详细列出相关内容。应认识到大语言模型或生成式 AI 虽具有生产力工具的优势，亦具有明显的不足，并对使用者构成风险（例如 AI 生成的内容存在 AI 幻觉，也可能构成剽窃）。团队使用或不使用大语言模型或生成式 AI 工具本身，对评审没有影响；评委严肃地提醒团队，若果有任何 AI 工具的使用，都应当是负责任、正确、诚实和公开透明的使用。



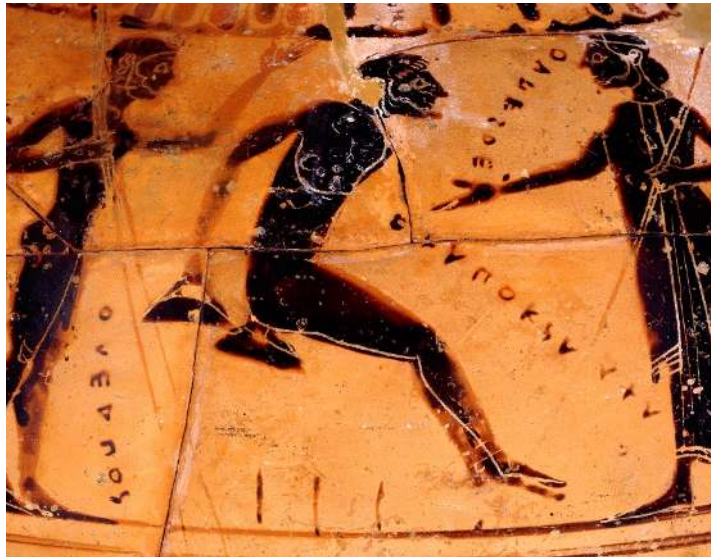
IMMC 2026 中華賽 F 題 (冬季賽) (English 简体 繁體)
(初中組別專用)

哈特雷斯：古希臘「生物駭客」技術再現現代學校

立定跳遠是全球中學體育課中普遍包含的一項運動項目，同時也是古希臘奧林匹克運動會的比賽項目之一。然而，古希臘人的跳遠方式與現代人明顯不同：他們會手持一對額外的配重器（稱為哈特雷斯，即 halteres），並按照特定的動作模式擺動。反直覺的是，這種方式確實能增加跳躍距離！

在最近二十年內，已有多篇科學論文對這一現象進行了研究與解釋，如 Huang 等人（2005）、Filush（2012）以及 Tai 等人（2021）的研究。一個通俗易懂的科普總結可見於 YouTube 頻道 The Action Lab 中的一條短片：

<https://www.youtube.com/watch?v=M72wHrPDBKQ>



（圖片 1 來自大英博物館，藏品編號 100399001）

簡而言之，配重器的使用可以延長起跳的推進階段，從而在這一階段積累更多能量。一些研究（如 Filush，2012）研究了希臘人在跳躍後期釋放哈特雷斯的技術。許多研究還分析了這一現象的細微生物力學特徵，並藉助精密儀器進行測量。Huang 等人（2005）發現，哈特雷斯的最佳重量約為人體重量的 8%。



（圖片 2 來自互聯網）

這些實驗大多要麼在 21 - 26 歲的大學生中進行，要麼使用固定重量的配重器。然而，對於初中生而言，由於身體仍處於發育階段及其不同的生物力學特性，使得最佳配重重量可能會有所不同。

任務

1. 設計並實施所要求的數據收集程式，招募自願的初中生——讓他們熟悉哈特雷斯技術，並測量他們在不使用任何額外物體和使用不同重量的“哈特雷斯”（可以是標準啞鈴或其他方便的物體）情況下的立定跳遠距離。測量跳躍者的相關參數（體重、身高、年齡、性別及其他你認為重要的參數）。在結果報告中，說明你所選擇測量程式和測量參數背後的邏輯依據，並對所收集的數據進行良好的描述。請注意以下事項：
 - a. 僅測試不釋放哈特雷斯的跳躍方式——既出於安全考慮，也為了減少結果的變異。測試兩種技術：（i）「經典法」——在跳躍結束時將哈特雷斯向後擺動；（ii）將哈特雷斯保持於身體前方。
 - b. 如果跳躍間隔時間過短，實驗並非相互獨立，因為受試者會產生疲勞。
 - c. 剛學習的新技術可能隨著重複次數增加而有所改進。
 - d. 確保安全！配重器可能會滑落並意外飛出前後方向。選擇安全方向進行跳躍！
2. 對獲得的數據進行分析（即建立數據的描述性數學模型），並計算出哈特雷斯的最佳配重應為體重的百分比。
3. 分析同一受試者在不同配重下的跳躍距離變化規律。Huang 等人（2005）在其論文的圖 1 中匯總了不同個體的數據並用拋物線近似擬合，但該模型未必適用於個體。
4. 建立一個數學模型，將哈特雷斯的最佳重量不僅視為體重的函數，還要考慮其他你認為相關且可測量的跳躍者參數。與你在任務 2 中建立的模型相比，此模型的精確度提高了多少？

參考資料：

- C. Huang *et al.*, 2005. The Effect Of Hand-Held Weights On Standing Long Jump Performance. International Symposium on Biomechanics in Sports (Conference ISBS 2005).
- A. Filush, 2012. Effect of Using Hand-Weights on Performance in the Standing Long Jump. Masters Theses, Grand Valley State University, Michigan, USA.
- W-H Tai *et al.*, 2021. Acute Effects of Handheld Loading on Standing Broad Jump in Youth Athletes. *Int J Environ Res Public Health*.18(9):5046.

詞彙

哈特雷斯 (Halteres): 古希臘時期使用的一種啞鈴。

提交

你團隊的解決方案論文應包括 1 頁的摘要。正文不能超過 20 頁，含摘要最多 21 頁。附錄和參考資料應出現在正文之後，不算在 21 頁的限制之內。

特別說明

IMMC「誠信賽制」的原則同樣適用於大語言模型或生成式 AI 工具的使用。如果團隊在完成建模任務過程中有使用任何大語言模型或生成式 AI 工具，從問題研究、模型開發、程式編寫到論文寫作等建模工作的方方面面，團隊必須誠實和公開透明地做披露，包括做出文內標註和在“參考文獻”部分詳細列出相關內容。應認識到大語言模型或生成式 AI 雖具有生產力工具的優勢，亦具有明顯的不足，並對消費者構成風險（例如 AI 生成的內容存在 AI 幻覺，也可能構成剽竊）。團隊使用或不使用大語言模型或生成式 AI 工具本身，對評審沒有影響；評委嚴肅地提醒團隊，若果有任何 AI 工具的使用，都應當是負責任、正確、誠實和公開透明的使用。