

作品名稱：行走的世界 — 四腳獸之研究

高小組 應用科學科 第三名

縣市：嘉義市

作者：邱昭琪、溫逸帆

林君嶽

校名：嘉義市東區蘭潭國民小學

指導教師：楊高峰

關鍵詞：傳動曲柄、傳動軸、連桿



## 行走的世界—四腳獸之研究

作者：邱昭祺 溫逸帆 林君嶽 指導老師：楊高峰

### 一. 研究動機

自從電影「侏儸紀公園」帶動恐龍熱之後，讓我們對這些巨大的滅種四腳怪獸非常好奇，有一次，麥當勞推出會走路的恐龍玩具，更引發我們對四隻腳走路的怪獸濃厚的興趣。而在日常生活中發現四隻腳走路的動物，如牛、羊、馬等，他們到底又是如何走路的呢？腳長、腳短會不會影響它行動速度呢？種種的好奇引發我們許多興趣，於是我們幾個好朋友就一頭栽進這個「行走的世界」，一起探討研究，希望能找出步伐速度如風馳電掣，腳力又有力的四腳獸奧秘。

### 二. 研究目的

- (一) 探討四隻腳走路動物的行走方式。
- (二) 研究謀求行走速度快、動力強的最佳四腳獸。

### 三. 研究問題

1. 一般動物行走方式是同手同腳或是不同手不同腳？
2. 如何製作一隻會走路的四腳獸？
3. 腳的長短對四腳獸的速度與力量的影響？
4. 傳動軸的長短對四腳獸的速度與力量的影響？
5. 前腳和後腳之間的距離對速度與力量的影響？
6. 腳板的寬度對速度與力量的影響？
7. 增加四腳獸的重量對速度與力量的影響？
8. 腳的摩擦力對速度與力量的影響？

### 四. 研究器材及設備

木板、齒輪盒、齒輪、小馬達、長尺、螺絲起子、美工刀、快乾膠、鉗子、線鋸、吸管、冰棒棍、手搖鑽、砂紙、電池、電池座、鐵棒、熱熔槍、熱熔膠、潤滑油、螺絲、螺絲帽、筆、汽球、橡皮筋、馬錶、內裝 1 公合的寶特瓶。



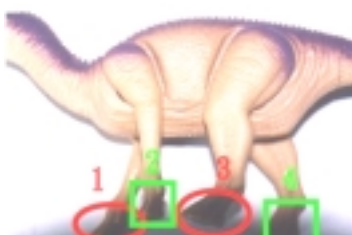
### 五. 研究過程

問題一、一般動物行走方式是同手同腳（同一側）或是不同手不同腳？

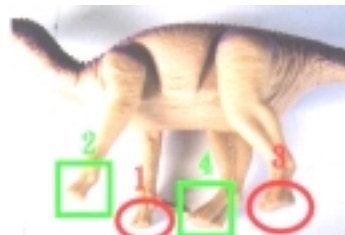
步驟：仔細觀察一般四隻腳走路的動物之行走方式。

結果：1. 一般動物如牛、羊、馬、狗、貓之行走方式為不同側的手和腳為一組共同往前邁出的行走方式移動，如下圖示例說明：

（\* 不同側邊的前腳○1 與後腳○3 為一組；前腳□2 和□4 為另外一組）



第一動：○1 和○3 同時一起往前邁出，



第二動：換成□2 和□4 同時一起往前邁出，

□2 和 □4 則固定在定位上。

○1 和 ○3 則固定在定位上。

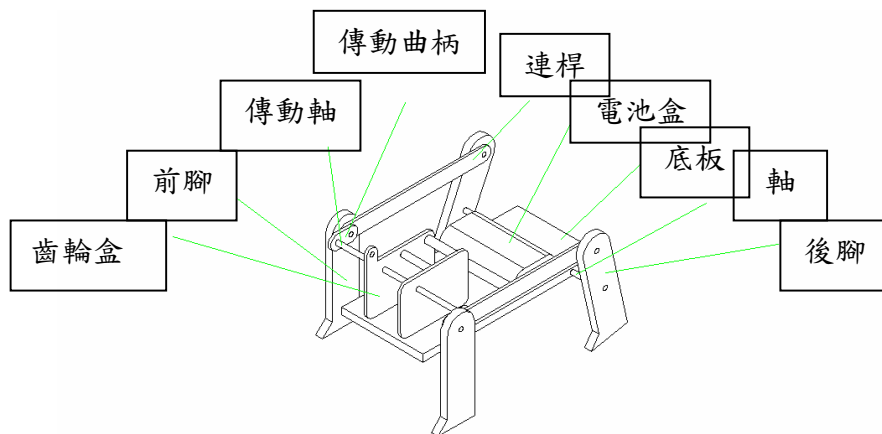
2. 經由第一動→第二動→第一動→第二動→…連續循環動作使身軀移動。

3. 動物的行走方式和人類走路一樣，爲了避免重心不穩，無法平衡之緣故，所以，採行不同側邊的手腳爲一組，同時共同往前邁出的方式。

## 問題二、如何製作一隻會走路的四腳獸？

製作方法與過程：

1. 組裝並測試【齒輪盒】。
2. 【底板】造型設計與切割。
3. 將【齒輪盒】固定於【底板】上。
4. 設計並切割【前腳】及【後腳】。
5. 製作【連桿】及【傳動曲柄】。
6. 將【連桿】與【前腳】固定接合。
7. 將【傳動曲柄】與【傳動軸】接合。
8. 將【傳動曲柄】、【連桿】與【前腳】結合。
9. 將【連桿】與【後腳】結合。
10. 接上【電池盒】並測試。
11. 製作外觀造型，完成。
12. 行走測試，並調整。



結果討論：

1. 製作過程需謹慎小心，避免割切傷。
2. 因齒輪組爲塑膠材質並不耐磨，因此需要潤滑，但如果轉動時有打滑的現象亦需馬上關閉電源，以防齒輪磨損。
3. 底板之寬度最好小於傳動軸的長度，否則會卡到四肢。
4. 固定齒輪盒時要對正中心，使傳動軸左右兩側長度一致。
5. 前後兩組腳的長度必須等長，這樣才不會產生長短腳現象！
6. 左右兩邊連桿及傳動曲柄長度必須等長，才不會左右不均衡。
7. 連桿及前腳的接合角度可在 90 度左右做適度調整，避免使接著劑阻塞著鑽孔處。
8. 兩傳動曲柄與軸接合時須成 180 度方向，走路才不會同手同腳。
9. 結合時螺絲鎖的太緊或太鬆都不好。
10. 連桿與後腳的結合與前腳不同，連桿與後腳的結合必須是活動的，不可黏著以免無法行動。
10. 電池的正負極會影響四腳獸的行走方向。

11. 本實驗將【對照組】樣本四腳獸其各部位的標準定為：  
 底板：長 15cm 寬 5cm  
 前後腳：長 8cm 寬 2.5cm  
 傳動曲柄：長 2.5cm 寬：依一般冰棒棍的寬  
 傳動軸：長寬以一般冰棒棍的長與寬為準
12. 馬達盒須對準底板的最前端，後軸與底板最尾端相距 3.5cm。



13. 製作完成圖：

### 問題三、腳的長短對四腳獸的速度與力量的影響為何？

步驟：1. 以【對照組】樣本四腳獸其各部位的標準定為

底板：長 15cm 寬 5cm

前後腳：長 8cm 寬 2.5cm

2. 相對於【對照組】樣本，製作出【實驗組】樣本四腳獸其各部位的標準定為將標準腳增加（減少）2cm

標準：長 8cm 寬 不變

長腳：長 10cm 寬 不變

短腳：長 6cm 寬 不變

3. 測試，看四腳獸是否能走動，並找出問題。

4. 調整、改良後，再測量計時兩隻不同腳長的四腳獸行走一公尺所花的時間。

5. 記錄四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示力量大小。



結果討論：

1. \* 速度問題（單位：秒）

	第一次	第二次	第三次	平均
長腳	10.55	10.71	10.29	10.52
標準	10.96	10.93	11.05	10.98
短腳	12.09	12.28	12.63	12.30

標準腳長四腳獸行走一公尺，平均花了 10.98 秒

長腳的四腳獸行走一公尺，平均花了 10.52 秒

短腳的四腳獸行走一公尺，平均花了 12.30 秒

2. \* 力量問題（單位：公分）

（以四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示）

	第一次	第二次	第三次	平均

長腳	41.5	38	37	38.8
標準	41	43.5	41	41.80
短腳	54	68	58	60

準腳長四腳獸可以在十秒鐘時間內平均推動一公合的水量移動 41.8 公分

長腳四腳獸可以在十秒鐘時間內平均推動一公合的水量移動 38.8 公分

短腳四腳獸可以在十秒鐘時間內平均推動一公合的水量移動 60 公分

3. 由上面兩表數據我們推得以下幾點：

- (1) .長腳四腳獸雖然速度比對照組標準腳長還快，但是它的力量卻小於標準腳長對照組。
- (2) .短腳四腳獸的速度明顯小於標準腳長對照組，但是力量卻反而比標準腳長對照組還大。
- (3) .腳長愈長，行走速度快，但動力較小；反之，腳長愈短，行走速度慢，但力量反而大。
- (3) .可能原因為：長腳四腳獸速度比較快，因為它行走時的步伐大；它的力量小，則因為重心高，會造成行走不平穩。
- (4) .相對的，短腳四腳獸力量比較大，因為它行走時的重心低；但他的速度慢，則是因為它的步伐比較小。

#### 問題四、傳動曲柄（類似人體關節）的長短對四腳獸的速度與力量的影響？

步驟：1. 按照以上製作程序，作出以下三組四腳獸的標準軀體。

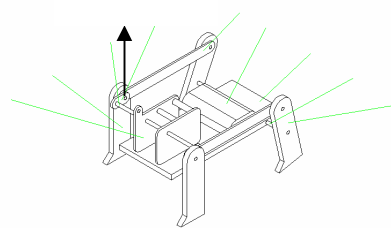
2. 將標準的傳動曲柄增加（或減少）0.5 公分作為【實驗組】，成為：

標準傳動曲柄：長 2.5 cm 【對照組】

長傳動曲柄：長 3.0 cm 【實驗組 1】

短傳動曲柄：長 2.0 cm 【實驗組 2】

傳動曲柄



3. 將 3 種不同傳動曲柄裝上標準軀體，完成 3 組四腳獸樣本。

4. 記錄測量 3 組不同的四腳獸行走一公尺所需的時間。

5. 記錄四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示力量大小。

【對照組】

【實驗組】



實驗結果：

\* 速度問題（單位：秒）

	第一次	第二次	第三次	平均
標準傳動曲柄	10.96	10.93	11.05	10.98
長傳動曲柄	8.91	9.03	8.68	8.87
短傳動曲柄	13.17	12.74	13.19	13.03

標準傳動曲柄四腳獸行走一公尺，平均花了 10.98 秒



長傳動曲柄四腳獸行走一公尺，平均花了 8.87 秒  
 短傳動曲柄四腳獸行走一公尺，平均花了 13.03 秒

\* 力量問題（單位：公分）

（以四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示）

	第一次	第二次	第三次	平均
標準傳動曲柄	41.0	43.5	41.0	41.8
長傳動曲柄	35.5	33.0	37.0	35.2
短傳動曲柄	42.0	40.0	45.0	42.0

標準傳動曲柄四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水移動 41.8 公分

長傳動曲柄四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水移動 35.2 公分

短傳動曲柄四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水移動 42.0 公分

討論：

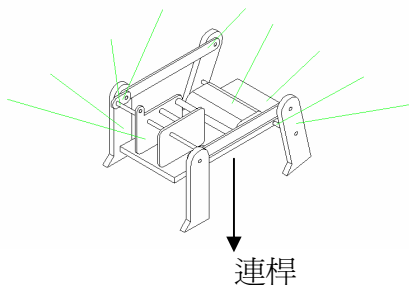
由以上兩表我們推知幾點：

1. 長傳動曲柄四腳獸行走得比標準傳動曲柄對照組快，但是力量卻比對照組小。
2. 反之，短傳動曲柄行走得比對照組慢，力量則比對照組大。
3. 短傳動曲柄四腳獸行走得比對照組慢，可能原因，因為傳動曲柄帶動前腳，曲柄短，前腳的步伐也小，所以就走得慢；它的力量大，因為短傳動曲柄的受力點離支點較近，所以力量較大，但因為它的步伐太小了，所以移動水的距離只比對照組多一些距離而已。
4. 同理，長傳動曲柄四腳獸行走得比對照組快，可能因為傳動曲柄長帶動前腳，前腳的步伐就大，所以才走得快；而由於長傳動曲柄的受力點離支點較遠，所以不易使力造成力量較小。

問題五、連桿的長短（帶動前後腳移動）對四腳獸的速度與力量的影響？

步驟：

1. 按照以上製作程序，作出以下三組四腳獸的標準軀體。
2. 將標準的連桿增加（或減少）1 公分作為【實驗組】，成為：  
 標準連桿：11.5 cm  
 長連桿：12.5 cm  
 短連桿：10.5 cm
3. 將 3 種不同連桿裝上標準軀體，完成 3 組四腳獸樣本。
4. 記錄測量 3 組不同的四腳獸行走一公尺所需的時間。
5. 記錄四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示力量大小。



上為短連桿，下為長連桿。

結果與討論：

\* 速度問題（單位：秒）

	第一次	第二次	第三次	平均

標準連桿	10.96	10.93	11.05	10.98
長連桿	9.24	10.42	9.85	9.84
短連桿	15.28	15.07	15.12	15.15

標準連桿四腳獸行走一公尺，平均花了 10.98 秒

長連桿四腳獸行走一公尺，平均花了 9.84 秒

短連桿四腳獸行走一公尺，平均花了 15.15 秒

\* 力量問題（單位：公分）

（以四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示）

	第一次	第二次	第三次	平均
標準連桿	41.0	43.5	41.0	41.8
長連桿	35.0	33.5	36.0	34.8
短連桿	45.5	46.0	43.0	44.8

標準連桿四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水移動 41.8 公分

長連桿四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水移動 34.8 公分

短連桿四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水移動 44.8 公分

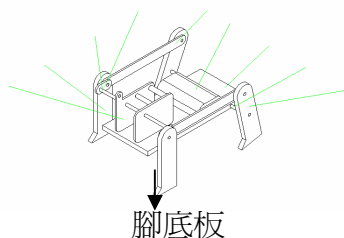
由上表數據我們得知以下幾點：

1. 長連桿的四腳獸，速度比標準連桿對照組還快，但力量則比對照組弱。
2. 短連桿的四腳獸，速度比標準連桿對照組還慢，但力量卻比對照組強。
3. 長連桿的四腳獸，因為前腳與後腳定軸點之間的距離較長，所以行走時的由定軸點離的距離較遠，速度較快；但在力量方面，短連桿四腳獸，因為連桿短，力量較集中，腳步也比較紮實，所以力量與穩定性都較強。

#### 問題六、腳板的寬度增加對速度與力量的影響？

步驟：

1. 按照標準製作程序，作出以下二組四腳獸的標準軀體。
2. 將標準的腳板的寬度增加 1 公分，變成 1.5 公分【實驗組】，成為：  
標準腳板：0.5 cm  
寬腳板：1.5 cm
3. 將 2 種不同腳板裝上標準軀體，完成 2 組四腳獸樣本。
4. 記錄測量 2 組不同的四腳獸行走一公尺所需的時間。
5. 記錄四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示力量大小。



左為寬腳板，右為標準腳板對照組。

結果與討論：

\* 速度問題（單位：秒）

	第一次	第二次	第三次	平均
標準腳板	10.96	10.93	11.05	10.98

寬腳板	10.75	10.30	10.41	10.49
-----	-------	-------	-------	-------

標準腳板四腳獸行走一公尺，平均花了 10.98 秒

寬腳板四腳獸行走一公尺，平均花了 10.49 秒

\* 力量問題（單位：公分）

（以四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示）

	第一次	第二次	第三次	平均
標準腳板	41.0	43.5	41.0	41.8
寬腳板	49.0	51.0	50.0	51.0

標準腳板四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水 41.8 公分

寬腳板四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水 51 公分

由以上表格數據我們得知以下幾點：

1. 寬腳板四腳獸與標準腳板對照組速度差異並不大。
2. 但是寬腳板因為它腳板大，穩定性便強，所以力量明顯比較大，可能原因為加寬腳板可使摩擦力變大，步伐變紮實，力量也增加。

### 問題七、增加四腳獸的重量對速度與力量的影響？

步驟：

1. 按照標準製作程序，作出以下二組四腳獸的標準軀體。
2. 將標準四腳獸的身軀加綁乾電池方式，使重量增加 100 公克，變成【實驗組】。
3. 將 2 種不同腳板裝上標準軀體，完成 2 組四腳獸樣本。
4. 記錄測量 2 組不同的四腳獸行走一公尺所需的時間。
5. 記錄四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示力量大小。製作過程：



左邊實驗組利用黏附大電池方式增加身軀重量

結果與討論：

\* 速度問題（單位：秒）

身軀	第一次	第二次	第三次	平均
標準重量	10.96	10.93	11.05	10.98
加重重量	15.34	15.26	15.68	15.42

標準身軀重量的四腳獸行走一公尺，平均花了 10.98 公分

加重身軀重量的四腳獸行走一公尺，平均花了 15.42 公分

\* 力量問題（單位：公分）

（以四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示）

身軀	第一次	第二次	第三次	平均
標準重量	41	43.5	41	41.8
加重重量	40.3	37.6	39.5	39.1

標準身軀重量的四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水 41.8 公分

加重身軀重量的四腳獸 10 秒鐘推動一公合的水 39.1 公分



由上表數據我們推知以下幾點：

1. 加重身軀重量的實驗組的速度比對標準身軀重量的對照組慢，力量也比對照組弱。
2. 加重身軀重量的實驗組四腳獸，由於身軀重量比對照組的四腳獸重很多，所需電力馬達也需要更強的動力才能承載負荷得了，所以一般的普通馬達，無法提供如此大的動力，速度當然會較慢；另外，在力量方面，實驗組因為身軀已經很重，所以移動速度慢，儘管穩定性夠，但是推力小，能夠推動的距離也比較小，表現的力量也比較小。

### 問題八、腳的摩擦力對速度與力量提升的影響？

步驟：

1. 按照標準製作程序，作出以下四組四腳獸的標準軀體。
2. 將標準四腳獸的腳底分別黏附不同的材質：汽球、砂紙、橡皮筋，使四腳獸的腳增加不等程度的摩擦力，變成【實驗組】。
3. 將 4 種不同腳板裝上標準軀體，完成 4 組四腳獸樣本。
4. 記錄測量 4 組不同的四腳獸行走一公尺所需的時間。
5. 記錄四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示力量大小。



左一為黏附橡皮筋材質，左二黏附砂紙材質，右二為標準對照組，右一為黏附氣球皮  
結果與討論：

\* 速度問題（單位：秒）

	第一次	第二次	第三次	平均
標準	10.96	10.93	11.05	10.98
汽球	12.33	11.93	11.57	11.94
砂紙	10.99	11.56	11.71	11.42
橡皮筋	13.05	12.68	12.74	12.82

標準腳的四腳獸行走一公尺，平均花了 10.98 秒

腳黏汽球的四腳獸行走一公尺，平均花了 11.94 秒

腳黏砂紙的四腳獸行走一公尺，平均花了 11.42 秒

腳黏橡皮筋的四腳獸行走一公尺，平均花了 12.82 秒

\* 力量問題（單位：公分）

（以四腳獸在十秒鐘時間推動一公合的水量所移動的距離來表示）

	第一次	第二次	第三次	平均
標準	41.0	43.5	41.0	41.8
汽球	43.5	45.0	47.0	45.2
砂紙	42.0	41.3	44.0	42.4
橡皮筋	47.0	46.8	50.0	47.9

標準腳的四腳獸 10 秒鐘可以推動一公合的水 41.8 公分

汽球腳的四腳獸 10 秒鐘可以推動一公合的水 45.2 公分

砂紙腳的四腳獸 10 秒鐘可以推動一公合的水 42.4 公分

橡皮筋腳的四腳獸 10 秒鐘可以推動一公合的水 47.9 公分

所以；我們認為：

1. 四腳獸腳底黏附汽球、砂紙、橡皮筋後，會走得比標準腳對照組慢，尤其是橡皮筋四腳獸走得比其他都慢，可能是它除了摩擦力外，還增加黏附的摩擦作用導致。
2. 在力量方面，四腳獸腳底黏附物質增加摩擦力之後，產生出來的力量均較標準腳對照組；但是，令人意外的是砂紙增加摩擦力，產生的力量比較汽球、橡皮筋卻不是很大，可見要產生強大的推力需增加摩擦力，如果加上一些黏附效果的摩擦力會更佳，產生的力量會更大。

## 五. 結論

1. 根據以上幾個實驗，我們發現，要製做出一隻速度快的四腳獸，它的腳要長但不能太長，不然重心太高，會使四腳獸無平衡感，容易導致「翻車」。傳動曲柄（關節）也要長，但也不能太長，如果太長了，傳動曲柄上的力量無法集中，容易斷掉，使四腳獸無法繼續行走。連桿也要是長的，但不能超出底板（身軀長），腳底加寬，再加上有摩擦力的物質，這樣就能製做出一隻行走方式飛快的四腳獸。
2. 經由以上幾項實驗，我們發現，要製做出一隻強而有力的四腳獸，除了本身動力馬達夠力以外，腳要稍微短一點，不過也不能太短，太短反而會造成腳無法碰觸地面，沒辦法行走。傳動曲柄要短，不然黏時會黏到螺絲，造成腳卡住。連桿也要調適當的短，但如果太短，四腳獸走時，腳會卡在一起。而且要腳底加寬，並加有摩擦力的物質，如少許黏附效果的橡皮等，這樣就能製做出一隻強而有力的四腳獸。
3. 一般動物如牛、羊、馬、狗、貓之行走方式為不同側的手和腳為一組共同往前邁出的行走方式移動，之所以不是同手同腳方式行走，主要是避免重心不穩，無法平衡的情形發生。實際上，我們製作出的同手同腳機器四腳獸幾乎不會走，只會在原地打轉。

## 六. 討論

本實驗經由製作摩擬機械四腳獸來探討行走的世界，在製作的過程中，一開始，我們發現以下幾項需仔細注意的事項：

1. 組裝齒輪盒的時候，必須非常小心，如果組裝錯誤，雖然還可以拆開來繼續使用，但通常一拆開，塑膠齒輪盒卡桿就斷裂壞掉，幾乎無法使用了。組裝好的齒輪盒必須要好好保養，最好加上適當的潤滑油，而且要在測試時就加，讓齒輪不會磨損，也不會打滑，實驗時，還要避免馬達與齒輪互相卡住，不然齒輪盒會很快就會壞掉。
2. 前腳或後腳上的螺絲帽，不要鎖太緊，不然會發生卡死、無法走動的情況，但也要確定避免螺絲帽鬆脫掉，最好是用熱熔膠將螺絲與螺帽黏在固定位置，但不要黏到腳。
3. 前兩腳與傳動曲柄之間，要用一個螺絲帽或是一小段吸管隔離，讓腳與傳動曲柄能分開，否則四腳獸無法走動。
4. 製作連桿或傳動曲柄時要很小心，因為他們的材質很脆弱，一不小心，就會斷掉損壞。
5. 四個腳的長短必定要一致，不然會發生長短腳的現象，實驗的結果就會有誤差。
6. 要注意熱熔膠黏貼的位置，如果黏錯地方，四腳獸就不會走了，甚至還有可能會掛掉。整個實驗過程中，我們一共製作了近五十隻四腳獸，工程浩大，也深刻感覺到製作四腳獸的不容易，每一個步驟都要很細心，一出差錯，整個實驗就必須從頭來一次，而且常常一拆開，四腳獸就「完蛋」了。



## 七.參考資料

中華創意協會網站 網址：[www.cdda.org.tw](http://www.cdda.org.tw)

國立台灣師範大學網站 網址：[www.ntnu.edu.tw](http://www.ntnu.edu.tw)

台灣省政府教育廳兒童讀物編輯小組 中華兒童百科全書第四冊 民 68 十二月 台灣省教育廳

張之傑 環華百科全書第五冊 兒童教育出版社 民 75 二月

張豐榮 動物的奧秘 泉源出版社 1992 年九月

評語：

本作品探討製作一個會行走的四腳獸過程中，腳的長短，傳動軸的長短，前腳和後腳間距，重量等對速度與力量之影響。從一般的玩具與教具中，做量測與數據分析，既有科學方法，又可提昇參與學生興趣，所以推薦。

## 作者簡介

邱昭琪

從小就讀以科學研究為主的蘭潭國小，使得我對科學研究與展覽有了良好的基礎，幾次做科展的經驗，也使我對科學有了很大的興趣，而且我將就讀的國中也是在這次科展大放異彩的協同中學，所以我相信我以後一定還會做科展，也會獲得更好的成績。

林君嶽

我叫林君嶽，今年 12 歲，目前就讀於蘭潭國小。我的父母任職於警界，姊姊是國中二年級的學生。

我的興趣很廣泛，在動態方面是打球、玩電腦和 PS2；在靜態方面是彈鋼琴、打擊樂和研習自然科學。

此次在楊高峰老師鞭策下，我們在全國中小學科展中榮獲應用科學組第三名，讓我感到無比的驕傲。