

高等学校教学参考书

普通物理学习题集

上海交通大学等十校物理教研组合编

人民教育出版社

高等学校教学参考书



普通物理学习题集

(附习题指导书)

上海交通大学等十校物理教研组合编

汪惠芳

人民教育出版社

E010/02

本习题集附有习题指导书。习题部分共分为六章,包括:力学;分子物理学与热力学;机械振动与机械波;电学;波动光学;近代物理学(相对论,波和粒子,原子物理学与量子力学,固体物理学,原子核物理学)。

参加习题集编写工作的有:西安冶金学院(承担力学部分),北京矿业学院(承担分子物理学与热力学部分),同济大学(承担机械振动与机械波部分),浙江大学(承担电学部分),清华大学(承担波动光学部分),华东化工学院(承担相对论部分),西安交通大学(承担波和粒子,原子物理学与量子力学部分),南京工学院(承担固体物理学部分),华东纺织工学院(承担原子核物理学部分),上海交通大学(整理加工)等十所高等工业学校的物理教研组。本书所附的习题指导书是南京工学院物理教研组编写的。

本书主要适用于高等工业学校各专业,亦可供综合大学、高等师范学校非物理专业作教学上的参考。

简 装 本 说 明

目前 850×1168 毫米规格纸张较少,本书暂以 787×1092 毫米规格纸张印刷,定价相应减少20%。希鉴谅。

普 通 物 理 学 习 题 集

(附习题指导书)

上海交通大学等十校物理教研组合编

人民教育出版社(北京沙滩后街)

上海中华印刷厂印装

新华书店上海发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 13012-074 开本 787×1092 1/32 印张 8
字数 188,000 印数 799,501—999,500 定价 (6) 0.64
1961年9月第1版 1978年10月上海第16次印刷

目 录

习题.....	1
第一章 力学.....	1
§ 1. 牛顿定律.....	1
§ 2. 守恒定律.....	7
§ 3. 刚体的转动.....	12
§ 4. 万有引力.....	15
第二章 分子物理学与热力学.....	18
§ 1. 气体分子运动论.....	18
§ 2. 热力学.....	20
§ 3. 真实气体.....	26
第三章 机械振动与机械波.....	29
§ 1. 谐振动.....	29
§ 2. 波动通论.....	33
§ 3. 声波与超声波.....	36
第四章 电学.....	40
§ 1. 静电学.....	40
§ 2. 电流.....	47
§ 3. 电流与磁场.....	55
§ 4. 电磁感应.....	65
§ 5. 电磁振荡与电磁波.....	71
第五章 波动光学.....	75
§ 1. 光的反射、折射、色散、吸收和散射.....	75
§ 2. 光的干涉.....	78
§ 3. 光的绕射.....	80
§ 4. 光的偏振.....	83
第六章 近代物理学.....	85
§ 1. 相对论.....	85
§ 2. 波和粒子 原子物理学与量子力学.....	88
§ 3. 固体物理学.....	93

§ 4. 原子核物理学.....	96
习题指导书.....	100
前言	100
一、运动学.....	101
二、牛顿定律.....	107
三、守恒定律.....	114
四、刚体的转动.....	119
五、气体分子运动论.....	124
六、热力学.....	129
七、谐振动.....	136
八、波动.....	143
九、电场强度.....	152
十、电势.....	160
十一、静电场中的金属导体和电介质 电容.....	166
十二、电流与磁场.....	174
十三、电磁感应.....	181
十四、波动光学.....	187
十五、热辐射.....	201
十六、量子力学.....	204
十七、金属自由电子的费米分布.....	211
十八、固体的能带理论.....	214
答案.....	218
附表.....	238

习 題

第一章 力学

§ 1. 牛頓定律

1. 物体按照 $x=490t^2$ (厘米克秒制) 的規律从静止自由落下。

(1) 計算下列各時間內的平均速度: 1 秒到 1.1 秒; 1 秒到 1.01 秒; 1 秒到 1.001 秒; 1 秒到 1.0001 秒;

(2) 求 1 秒末的瞬时速度;

(3) 討論瞬时速度和平均速度的关系和区别。

2. 站台上一观察者, 在火車开动时站在第一节車廂之最前端, 第一节車廂在 $\tau_1=4$ 秒內駛过其旁。問第 n 节 ($n=7$) 駛过此人旁边需多少時間? 火車作为匀加速运动。

3. 已知质点运动方程为: $x=2t$, $y=2-t^2$ 。 (x, y 以米为单位, t 以秒为单位。)

(1) 計算并图示质点运动的軌道;

(2) 写出 $t=1$ 秒和 $t=2$ 秒时质点的位置矢量, 并計算 1 秒到 2 秒的平均速度;

(3) 計算 1 秒末和 2 秒末的瞬时速度;

(4) 計算 1 秒末和 2 秒末的瞬时加速度。

4. 已知质点运动方程为: $\mathbf{r}=a \cos \omega t \mathbf{i}+b \sin \omega t \mathbf{j}$, 其中 a 、 b 、 ω 均为正值常量。

- (1) 計算质点的速度和加速度；
 (2) 試証运动軌道是一橢圓，其长軸和短軸各为 $2a$ 和 $2b$ ；质点的加速度恒指向橢圓中心；

(3) 試証橢圓运动的周期为 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 。图示

$$t=0, \frac{T}{8}, \frac{T}{4}, \frac{3T}{8}, \frac{T}{2}, \frac{3T}{4}, T$$

时，质点的位置。

5. 設质点的运动方程为 $x=x(t)$, $y=y(t)$ 。在計算质点的速度和加速度时，有人先求出 $r=\sqrt{x^2+y^2}$ ，然后根据

$$v=\frac{dr}{dt} \quad \text{及} \quad a=\frac{d^2r}{dt^2}$$

求得結果；又有人先計算速度和加速度的分量，再合成求得結果，

$$\text{即} \quad v=\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+\left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \quad \text{及} \quad a=\sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2+\left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}。$$

你认为两种方法中哪一种正确？两者差別何在？試結合第3題或第4題討論之。

6. 試分析下述現象：

- (1) 等加速度运动是否一定是直綫运动？为什么？
 (2) 在一般圓周运动中，加速度的方向是否一定指向圓心？为什么？

7. 火車在半徑 $R=400$ 米的圓周上运动，已知火車的切向加速度 $a_t=0.2$ 米/秒²，和速度反向，求当火車速度为 10 米/秒时的法向加速度和总加速度，并指出它們的方向。

8. 現对物体曲綫运动有下面两种說法：

- (1) 物体作曲綫运动时必有加速度，加速度的法向分量必不为零；
 (2) 物体作曲綫运动时速度方向必定在运动軌道的切綫方

向,法向分速度恒为零,因此其法向加速度也必为零。

試判別它們是否正确,并討論物体作曲綫运动时速度、加速度的大小、方向及其关系。

9. 矿井里的升降机由静止开始按等加速上升 $t_1=3$ 秒,达到速度 $v_m=3$ 米/秒,然后按这个速度等速上升 $t_2=6$ 秒,最后又按等减速上升 $t_3=5$ 秒而停止。

(1) 計算升降机上升的高度;

(2) 画出升降机的 $v-t$ 图,根据 $v-t$ 图計算升降机上升的高度;

(3) 求升降机在整个上升过程中的平均速度。

10. 設火箭信管的燃燒時間为 6 秒,今在与水平面成 45° 角的方向把火箭发射出去,欲使火箭在彈道的最高点爆炸,問必須以多大的初速度发射火箭?

11. 以 15 米/秒的速度自高度为 25 米的塔上水平抛出一物体,空气阻力不計。求:

(1) 物体在落地前运动的时间是多少?

(2) 物体落地处离塔底距离为若干?

(3) 物体落到地面时速度为多大?

(4) 物体着地处的軌道与水平面成多大的角度?

12. 在一小山上置一靶子,由炮位所在处看靶子的仰角为 α 。炮与靶子間的水平距离为 L (即炮与靶子的距离在水平面上的投影)。向靶子射击时,炮身的仰角为 β , 求能射中靶子的子彈速度 v_0 。

13. 斜向上抛一球,抛出时初速与水平面成 60° 角,1 秒后球仍斜向上升,但飞行方向已与水平面成 45° 角。

(1) 問此球将在何时到达最高点?

(2) 并求球在最高点时的速度。

14. 設质点的运动方程为

$$x = R \cos \omega t, \quad y = R \sin \omega t, \quad z = \frac{h}{2\pi} \omega t,$$

其中 $h > 0$, $\omega > 0$ 。

(1) 說出此质点的运动軌道, 并图示之;

(2) 求任一瞬时质点的速度和加速度。

15. 一个体重 50 公斤的人, 站在升降机中的台秤上, 問台秤的指示如何? 假設升降机:

(1) 靜止, 或等速上升, 或等速下降;

(2) 以加速度 $a = 2$ 米/秒² 上升或下降。

从以上結果可以作出什么結論? 这人在升降机中能够决定他自身所处的运动状态嗎?

16. 为測量机車的負載, 在机車与車廂間置一測力計, 在 2 分钟內測力計的平均示数为 100.8 吨, 在这段时间內, 列車由靜止到以 57.6 公里/小时的速度运动, 設車廂所受阻力为它本身重量的 2%, 求車廂的重量。

17. 一物体质量为 10 公斤, 置于水平桌面上 (图 1-1), 物体与桌面間摩擦系数为 0.1。物体本来靜止, 今以 $F = 20$ 牛頓与水平成 37° 角之力推此物体, 求物体的加速度。

18. 质量为 m 的摆悬于架上, 架固定于小車上 (图 1-2)。

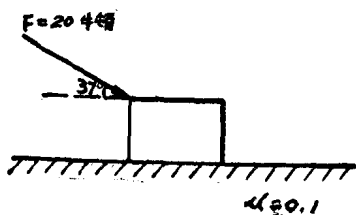


图 1-1

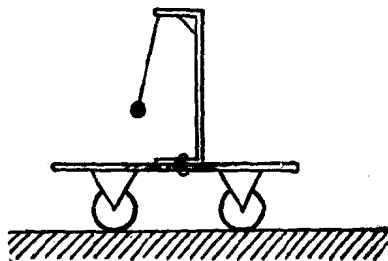


图 1-2

就下述諸情况求摆綫的方向(即摆綫与鉛直綫所成的角 α) 及綫中的張力 T :

- (1) 小車沿水平面作等速运动;
- (2) 小車以加速度 a 水平运动;
- (3) 小車自由地从傾斜平面上滑下, 斜平面与水平面成 φ 角;
- (4) 用与斜平面平行的加速度 b 把小車沿斜面向上推;
- (5) 以同样大的加速度 b 把小車自斜面上推下来。

19. 如图 1-3 所示, 設 $m_A = 200$ 克, $m_B = 300$ 克, $m_C = 100$ 克, 試求: (1) 摩擦系数 $\mu = 0$ 及 (2) $\mu = 0.25$ 时, 此系統的加速度及各段繩中的張力(繩之质量不計)。

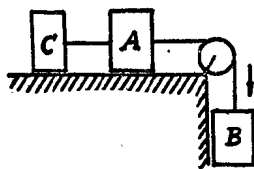


图 1-3

*20. 桌上有一质量 $M = 1$ 公斤的板, 板上放一质量 $m = 2$ 公斤的物体。物体和板之間、板和桌面之間的滑动摩擦系数均为 $\mu = 0.25$, 靜摩擦系数均为 $\mu' = 0.30$ 。

(1) 今以水平力 F 拉板, 物体与板一起以加速度 $a = 1$ 米/秒² 运动, 計算物体和板以及板和桌面的相互作用力;

(2) 現在要使板从物体下抽出, 須用的力 F 要加到多少大小?

*21. 从实验知道, 当物体速度不大时, 可以认为空气的阻力正比于物体的速度, 問以初速度 v_0 鉛直向上运动的物体, 其速度将如何变化?

22. 质量为 300 克的棒球, 原以 20 米/秒的速度运动, 被棒迎击一下之后变为以 30 米/秒的速度反向运动。設球与棒接触之間为 0.05 秒, 求:

- (1) 棒施于球之冲量;
- (2) 棒施于球之冲力之平均值。

23. 质量为 10 克的鋼球自 25.6 厘米的高度落到一水平桌面上,彈起来后升到 19.6 厘米。問鋼球在撞击时給桌面的冲量是多少?

24. 自动步枪每分钟可射出 600 顆子彈,每个子彈质量为 20 克,出口速度为 500 米/秒,求射击时的平均反冲力。

25. 一重物悬于绳的一端,绳的另一端系于天花板上。此物受到推动后,沿一圓周运动,圓周的平面距天花板 1.5 米。問此物每秒钟轉几周?

26. 一摩托車手在水平地面上沿半徑 $R=90$ 米的圓弧行駛,如果橡皮与地面的摩擦系数 $\mu=0.4$,問最大的行駛速率可达多少?

27. 用绳子系一物体在鉛直平面內作圓周运动,当这物体达最高点时,有人說:“此时物体受到三个力:地球的引力,绳子的拉力及向心力”,对嗎? 又有人說:“因为这三个力都是向下的,但物体并不因此下落,可見物体还受到一个方向向上的离心力和这些力平衡着”,这种說法对嗎?

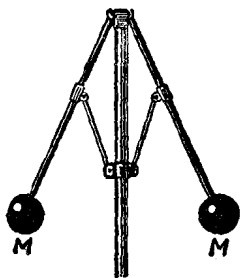


图 1-4

28. 学校用的离心节速器模型(图 1-4)每秒轉 3 周。問此时附有小球 MM 的两棒与鉛直方向成何角度? 棒长 $l=14$ 厘米,除球的质量外,其他部分的质量可以忽略。

*29. 图 1-5 是一离心机的簡图,其上的試管内注有 6 厘米高的液体,液体的密度为 1.1 克/厘米³。当离心机旋轉时,試管几乎是水平的。若管底距轉軸 10 厘米,离心机每秒轉 20 轉,求液体施于管底的压强。

*30. 图 1-6 中 A 为定滑輪, B 为动滑輪, $m_1=200$ 克, $m_2=$

=100 克, $m_3=50$ 克, 求:

- (1) 质量为 m_1 的物体之加速度;
- (2) 两根绳的張力 T_1 及 T_2 。滑輪及綫的质量可以略去不計, 摩擦力亦可不必考虑。

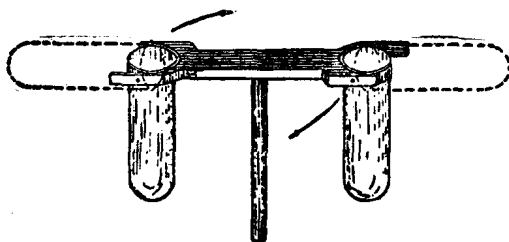


图 1-5

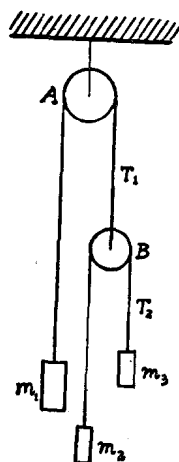


图 1-6

31. 人推車时車也推人, 为什么結果車向前进而人不向后退?
試分析一下人和車各受那些力作用。

*32. 試求在圓柱容器內以角速度 ω 繞軸作勻速旋轉的液体之自由表面的形状。

§ 2. 守恒定律

1. 枪身质量为 $m_1=6$ 公斤, 射出质量为 $m_2=50$ 克、速度 $v_2=300$ 米/秒的枪彈。

- (1) 計算枪身的反冲速度 v_1 ;
- (2) 設該枪托在一士兵肩上, 士兵用 0.05 秒時間阻止枪身后退, 計算枪身推在士兵肩上的平均冲力。

2. 重为 1 公斤的物体, 在水平方向运动的速度为 1 米/秒, 与重为 0.5 公斤的第二物体作完全非彈性碰撞, 求物体得到的速度:

- (1) 第二物体原为靜止;

(2) 如果第二物体原来运动的速度为 0.5 米/秒, 速度方向与第一物体的速度方向一致;

(3) 如果第二物体原来运动的速度为 0.5 米/秒, 速度方向与第一物体的速度方向相反。

两物体相互作用的冲量为多少?

3. 两弹性球置于光滑的桌面上(图 1-7), 质量分别为 $m_1=10$ 克, $m_2=50$ 克, 速度分别为 $v_1=30$ 厘米/秒, $v_2=10$ 厘米/秒, 相向而行, 发生碰撞。



(1) 若碰撞后 m_2 恰好静止, 求此时 m_1 的速度;

(2) 若 m_2 固定于桌面(譬如说, 钉在桌上), m_1 以 30 厘米/秒的速度与之相碰, 仍以 30 厘米/秒的速度弹回, 问此时两球组成的系统动量有无改变? 为什么?

图 1-7

并回答情形(1)的碰撞是不是完全弹性碰撞? 情形(2)的碰撞是不是完全弹性碰撞?

4. 如图 1-8 所示, A 球以 $v_{A_0}=36$ 厘米/秒的速度沿水平方向运动, 与同一质量的静止的 B 球碰后, A 球以速度 $v_A=$

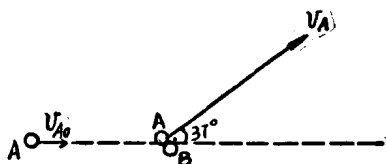


图 1-8

15 厘米/秒且与原运动方向成 37° 角的方向运动, 求 B 球在碰撞后的速度。

5. 体重为 60 公斤的人以 8 公里/小时的速度从后面跳上重为 80 公斤、速度为 2.9 公里/小时的小车, 问:

(1) 小车运动的速度变成多大?

(2) 如果迎面跳上小车, 小车的速度变成多大?

*6. 演示用的火箭原来是静止的。它每秒均匀地放出速度为

$v_1=300$ 米/秒 (相对于火箭) 的气体 $m=90$ 克, 火箭原来质量 $m_2=270$ 克。

(1) 問放气后經過多少時間, 火箭速度达到 $v_2=40$ 米/秒?

(2) 若火箭的燃料是 $m_0=180$ 克, 問它能达到多大的速度? 空气阻力不計。

7. 要想用唧筒把水由面积 50 米² 的地下室中抽到街道上来, 在地下室中的水深为 1.5 米, 水面至街道的距离是 5 米, 求把水吸干所需做的功。

8. 馬拉着雪撬以 2 米/秒的均匀速度上山, 問馬应化費多大的功率 N 于雪撬的运动上? 雪撬的重量 $P=100$ 公斤力, 雪撬与山路面間的摩擦系数 $\mu=0.1$, 山坡的斜度为 0.05 。

9. 一个人站在地面上利用一个定滑輪将质量为 50 公斤的物体拉起来。

(1) 当他将物体匀速地拉起 2 米时, 他做了多少功?

(2) 当他将物体匀加速地拉起同样高度, 他做了多少功? 設物体初速度为零, 到 2 米高时速度增为 1 米/秒。

10. 馬达之功率为 0.1 千瓦, 帶动一車床。正在車床上制造的木质圓柱, 直徑为 10 厘米, 每分钟 600 轉。設車床的功率只是馬达功率的 62.8% , 求切削此圓柱之力。

11. 质量 $m=6$ 克的小球 (图 1-9), 系在绳子的一端, 绳的另一端固定在 O 点, 绳长 $l=50$ 厘米, 今将小球拉至水平位置 A 然后放手, 問:

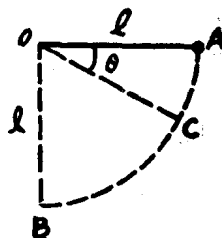


图 1-9

(1) 球經過最低点 B 时速度多少?

(2) 球在 B 点时, 绳的拉力多少?

(3) 球經 AB 圓弧上的 C 点 ($\angle AOC = \theta = 30^\circ$) 时的速度多少?

(4) 球在 O 点时绳的拉力多少?

12. 雪橇从盖着冰的高度为 h 的山上滑下, 停于盖着冰的地上。它停止的地方与斜面顶点的水平距离为 s (图 1-10)。证明:

$$\text{摩擦系数 } \mu = \frac{h}{s}.$$



图 1-10

13. 如图 1-11 所示, AB 为一半径为 1.5 米的圆弧轨道的 $\frac{1}{4}$, 放置在铅直平面内, BC 为一水平的桌面, 一质量为 2 公斤的

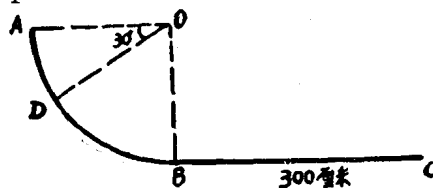


图 1-11

物体从 A 点由静止开始下滑。到达 B 点时速度为 400 厘米/秒, 然后又沿不光滑的桌面向前滑动 300 厘米到 C 点停止。求:

(1) 物体从 A 点滑至 B 点反抗摩擦力所作的功;

(2) 不光滑水平桌面的平均阻力;

(3) 若圆弧轨道为光滑的, 求在 D 点处物体的速度和加速度以及物体对圆弧轨道的压力。

*14. 小車的质量为 m , 无摩擦地沿着弯曲轨道滑下, 轨道的形状如图 1-12 所示。

(1) 欲小車在轨道的全程内都不出轨, 問小車最少应从多高的地方 H 滑下?

(2) 在圓圈的最高点 B 处有哪几个力作用在小車上?

(3) 如果小車由較 H 低少許的高处滑下, 小車的运动将如何?

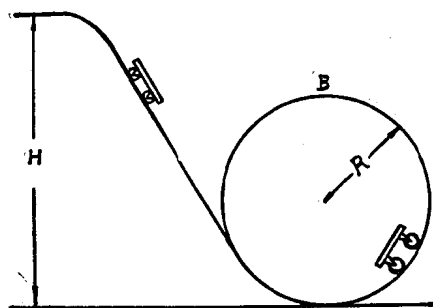


图 1-12

15. 一质量 $m=50$ 克的石子, 自高出地面 $h=20$ 米处, 以速度 $v_0=18$ 米/秒倾斜地抛出, 落地时速度 $v=20$ 米/秒。求克服空气阻力所作的功。

16. 设把某弹簧压缩 4 厘米, 需用 12 公斤力, 求将该弹簧压缩 20 厘米所需的功。

17. 如图 1-13 所示, A 、 B 两弹簧的力系数分别为 k_1 和 k_2 , 设两弹簧的重量与物体 C 的重量比较可以忽略。求这两个弹簧的位能比值。

*18. 用一弹簧把两块质量各为 m_1 及 m_2 的板连起来(图 1-14), 问必须加多大的力压到上面的板 m_1 上, 以便当力之作用停止后, 上面的跳起来恰能使下面的一板稍被提起? 弹簧的质量可略去不计。

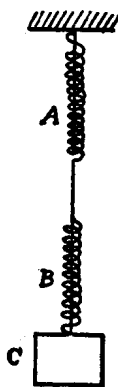


图 1-13

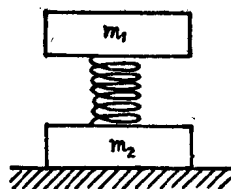


图 1-14

*19. 以铁锤将一铁

釘击入木板，設木板对鉄釘的阻力与鉄釘进入木板之深度成正比。在鉄錘击第一次时，能将小釘击入木板内 1 厘米，問击第二次时（鉄錘仍以与第一次时同样的速度去打击鉄釘）能击入若干？

20. 一顆炸彈（或一个原子核）分裂时释放出能量 Q ，假設分裂产物只是两个部分，质量分别为 m 和 M ，計算各部分所获得的动能，并就不同的 $\frac{m}{M}$ 比值討論之。

§ 3. 剛体的轉动

1. 如图 1-15 所示，甲乙两輪上套有皮带。甲輪的半徑 $R_1 =$



图 1-15

$= 40$ 厘米，每分钟轉动 $n_1 = 180$ 次，求角速度 ω_1 （用弧度/秒表示）。如果用皮带带动乙輪轉动，乙輪的半徑 $R_2 = 20$ 厘米，求乙輪的角速度 ω_2 。

2. 一飞輪以速率 $n = 1500$ 轉/分轉动，受到制动而均匀地减速，經 $t = 50$ 秒后靜止。

- (1) 求角加速度 β 和从制动开始到靜止所轉过的轉数 N ；
- (2) 求从制动开始后 $t = 25$ 秒时輪的角速度 ω ；
- (3) 設輪的半徑 $r = 1$ 米，求 $t = 25$ 秒时輪邊緣上一点的速度和加速度。

3. 一均匀木杆长 1 米，质量为 600 克，可繞一通过其中心并与杆身垂直的軸綫旋轉，轉速为每分钟 30 轉，求其轉动慣量和轉动能。

4. 設某机器上飞輪的轉动慣量为 63.6 公斤·米²，轉动的角速度 $\omega = 31.4$ 弧度/秒。在制动力矩作用下，飞輪經過 20 秒停止