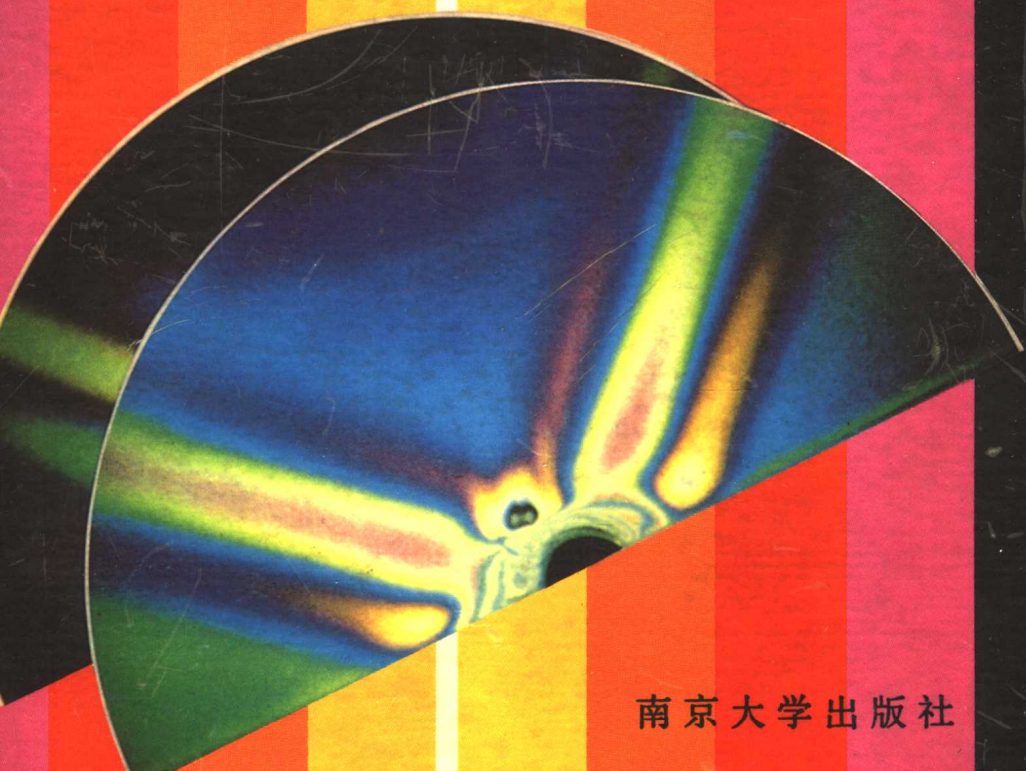


物理奥林匹克题典

数理化奥林匹克题解丛书



南京大学出版社

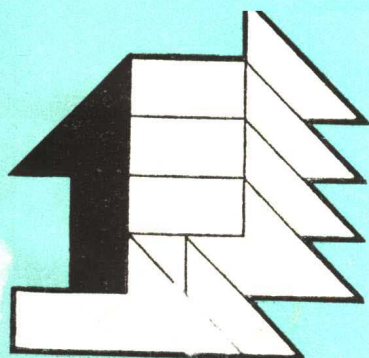
G634.7
5

数理化奥林匹克题解丛书

物 理

奥林匹克题典

杜先智 温业美 编
张亚增



南京大学出版社

(苏)新登字 011 号

数理化奥林匹克题解丛书

物理奥林匹克题典

杜先智 温业美 张亚增 编

*

南京大学出版社出版

(南京大学校内)

江苏省新华书店发行 武进第三印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 38.625 字数 1513 千

1995 年 2 月第 1 版 1997 年 3 月第 3 次印刷

印数 16001~22000

ISBN 7-305-02083-4/O · 111

定价:40.00 元

序

中学生的学科竞赛(包括数学、物理、化学与信息科学)在我国蓬勃开展,取得了可喜的成绩。特别是1992年,四门学科的国际竞赛中,我国学生均取得总分第一。充分证明泱泱大国,人才辈出,莘莘学子,聪明勤奋,预示在下个世纪,中国将成为科学民主的大国。

为了方便广大师生及对学科竞赛有兴趣的朋友,我们将数、理、化三科内国外的竞赛试题整理分类,编成以题解为中心的题典各一卷(信息科学的竞赛刚刚起步,俟有足够资料时再编册)。搜罗(在篇幅允许的条件下)尽量完整全面,解答务求正确简明。每册均附有索引,便于查寻出处。

竞赛题典这一工作在国内外还是首创,我们所作的工作仅是初步的,问题一定很多,敬请高明之士不吝指正。

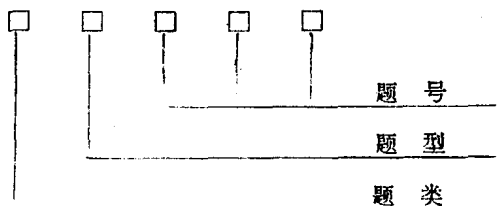
单 博

1992.11.

编者的话

本卷系《数理化奥林匹克题解丛书》之二，内容包括国际物理奥林匹克竞赛1~22届的试题及解答，全国中学生物理竞赛1~8届预赛（第一试、第二试）、决赛的试题及解答，英、俄等20多个国家中学生物理竞赛的部分试题及解答，以及全国部分省市历年中学生物理竞赛的试题及解答，约1300题。对于全国中学生物理竞赛预赛的第三试，由于是以实验为主要考试内容，且是由各省、市分别举行的，题目数量大，为了避免内容的重复，本书只选编了其中的一部分。

本卷是按力学、热学、电磁学、光学、近代物理的顺序，遵从由浅入深、由易到难的原则编排的，每个部分又按填充题、选择题、解答题和实验题的次序编排。题号为5位数，规则是



各位数代表如下：

第一位数

1——力学

2——热学

3——电磁学

4——光学

5——近代物理

6——综合题

7——其他

第二位数

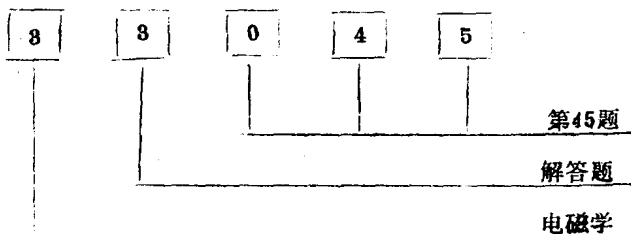
1——填充题

2——选择题

3——解答题

4——实验题

图号的编排也按同样的方式。例如



为了方便读者，本卷将《国际物理奥林匹克竞赛章程》、《国际物理奥林匹克竞赛大纲》、《全国中学生物理竞赛章程》、《全国中学生物理竞赛内容提要》等作为附录，并将国际、国内历届重大考试的试题编写了索引，以供参考查阅。

本卷填充题、选择题的解答(或说明)由凌光明完成，插图由丁秀芬绘制，全书由崔可范教授主审，李申生教授、成善祥特级教师、严祖同教授、吴以勤、肖承德、熊道一、高长魁副教授，高爱华、崔可凯高级教师，以及宛炳生、刘峰、曹朗、原翠华等同志对本书的编写给予了支持和帮助，编者在此一并感谢。

本书在编写过程中，参考了大量的国内外资料，限于篇幅不再一一列出。编者在此向它们的作者表示深切的谢意。

限于时间的仓促和编写的能力，本书遗憾之处在所难免，恳请读者不吝指正，谢谢！

编者
1992.8.

目 录

编者的话

一、力学	(1)
1. 填充题(11001~11040)	(1)
2. 选择题(12001~12111)	(16)
3. 解答题(13001~13257)	(59)
4. 实验题(14001~14062)	(358)
二、热学	(420)
1. 填充题(21001~21010)	(420)
2. 选择题(22001~22018)	(425)
3. 解答题(23001~23083)	(433)
4. 实验题(24001~24014)	(526)
三、电磁学	(537)
1. 填充题(31001~31019)	(537)
2. 选择题(32001~32056)	(546)
3. 解答题(33001~33199)	(574)
4. 实验题(34001~34074)	(801)
四、光学	(882)
1. 填充题(41001~41007)	(882)
2. 选择题(42001~42015)	(883)
3. 解答题(43001~43079)	(889)
4. 实验题(44001~44033)	(979)
五、近代物理	(1013)
1. 填充题(51001~51016)	(1013)
2. 选择题(52001~52019)	(1017)
3. 解答题(53001~53064)	(1025)
4. 实验题(54001~54008)	(1105)

六、综合题	(1128)
1. 填充题(61001~61003)	(1128)
2. 选择题(62001).....	(1129)
3. 解答题(63001~63046)	(1129)
七、其他	(1191)
1. 填充题(71001~71003)	
2. 选择题(72001~72004)	
3. 解答题(73001~73004)	
附录	(1196)
1. 国际物理奥林匹克竞赛简史	(1196)
2. 国际物理奥林匹克竞赛大纲	(1198)
3. 国际物理奥林匹克竞赛章程	(1202)
4. 全国中学生物理竞赛简介	(1206)
5. 全国中学生物理竞赛暂行办法	(1210)
6. 全国中学生物理竞赛内容提要	(1212)
7. 物理量的法定计量单位	(1218)
8. 基本物理常数	(1222)
索引	(1223)

一、力学

1. 填空题(11001~11040)

11001 早在1676年, _____就发现了物体的形变与所受外力关系的规律。_____首先发现行星运动的真实轨迹不是圆而是椭圆。单摆的等时性是_____发现的。_____发现了万有引力定律,但没有给出万有引力恒量的量值。

【题说】 本题系第一届全国中学生力学竞赛预赛试题。

【解答】 胡克,开普勒,伽利略;牛顿。

11002 地铁列车由A站出发以加速度 a 作匀加速直线运动,前进一段位移后,立即制动,制动阶段以加速度值为 a 作匀减速直线运动,到达B站静止,若A、B两站间距离为 d ,则列车全程所花时间为_____。

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题。

【解答】 $2\sqrt{\frac{d}{a}}$ 。

$$\left(\begin{array}{l} \text{加速过程: } \frac{d}{2} = \frac{1}{2} a t_1^2, \\ \text{减速过程: } \frac{d}{2} = \frac{1}{2} a t_2^2, \end{array} \right.$$

$$\text{由此解得 } t = t_1 + t_2 = 2\sqrt{\frac{d}{a}} \quad .$$

11003 在水平铁轨上运动的小车(如图1-1-1所示),车内一质量为 M 的物体与两根倔强系数分别为 k_d 、 k_c 的弹簧 d 、 c 相联接,开始二弹簧均未发生形变。当小车向右以加速度 a 作匀加速运动时,则若按甲图联接,物体相对于小车的位移量为_____;若按乙图联接,物体相对于小车的位移量为_____。(摩擦忽略不计)

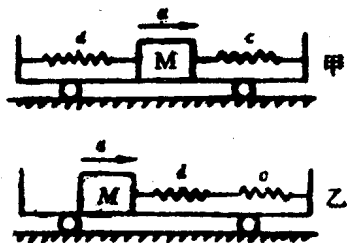


图 1-1-1

【题说】 本题系第二届全国中学

生力学竞赛初赛试题。

【解答】 $\frac{Ma}{k_d + k_e}, \quad \frac{(k_d + k_e)Ma}{k_d \cdot k_e}$

(在甲图中 $k_d x + k_e x = Ma$)

在乙图中 $k_d x_d = k_e x_e = Ma$)

11004 二直杆交角为 θ , 交点为 A , 若二杆各以垂直于自身的速度 v_1 、 v_2 沿着纸平面运动, 则交点 A 运动速度的大小为_____。(图1-1-2)

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题。

【解答】 $\sqrt{\frac{v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos\theta + v_1^2}{\sin\theta}}$

(经过单位时间后, l_1 的位移大小为 v_1 , l_2 的位移大小为 v_2 , A 点的位移为 v , 如图1-1-3所示。则 A 点的速度大小为

$$v = \sqrt{v_1^2 + \left(\frac{v_2}{\sin\theta} - v_1 \cot\theta\right)^2}$$

$$= \frac{\sqrt{v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos\theta + v_1^2}}{\sin\theta}$$

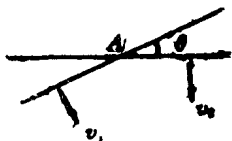


图 1-1-2

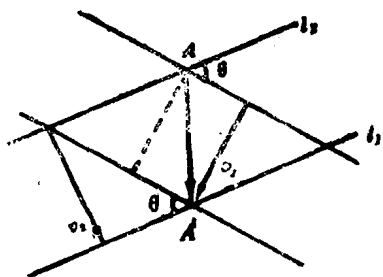


图 1-1-3

11005 质量为 m (kg) 的物体以初动能 100J 从倾角为 θ 的斜面底端 A 点, 沿斜面向上匀变速滑行。到斜面上 B 点时, 物体动能减少 80J, 机械能减少 32J, 则当物体回到 A 点时, 动能为_____。

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题。

【解答】 20J。

(物体在 B 点的势能为 $E_{PB} = mgh_B = 80 - 32 = 48J$
物体由 $A \rightarrow B$, 摩擦力做功

$$W_f = mg \cos\theta \cdot \mu h_B / \sin\theta = 32J$$

物体到达最高点 C 时动能为零, 则

$$E_{PC} + W_f = mgh_C + mg \cos\theta \cdot \mu h_C / \sin\theta$$

$$= 100J$$

解得

$$E_{PC} = mgh_C = 60J$$

$$W'_f = 40J$$

故物体由A→C,再由C→A,克服摩擦力做功为80J.)

11006 如图1-1-4所示,一质点自倾角为 α 的斜面上方的定点O沿光滑斜槽OP从静止开始下滑,为使质点在最短时间内从O点到达斜面,则斜槽与竖直方向的夹角 β 应等于_____.

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题。

【解答】 $\frac{\alpha}{2}$.

(如图1-1-5所示,质点沿OP下滑的加速度为

$$a = g \cos \beta$$

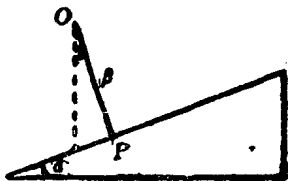


图 1-1-4

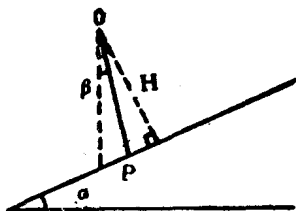


图 1-1-5

设O点到斜面的垂直距离为H,则

$$OP = \frac{H}{\cos(\alpha - \beta)} = \frac{1}{2} g \cos \beta \cdot t^2, \quad t^2 = \frac{2H}{g \cos(\alpha - \beta) \cdot \cos \beta}$$

可见,当 $\beta = \frac{\alpha}{2}$ 时, t 有最小值.)

11007 质量为0.01kg的子弹以300m/s的水平速度射中一静止在光滑水平面上的木块,子弹进入木块6cm而相对于木块静止下来,而这过程中木块往前移动0.2mm.木块的末速度为_____.木块的质量为_____.

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题。原题不要求说明理由。

【解答】 1m/s, 2.99kg

(依动量守恒原理

$$mv = (m + M)v'$$

依动能定理

$$\begin{cases} -f(2 \times 10^{-4} + 6 \times 10^{-2}) = \frac{1}{2} m v'^2 - \frac{1}{2} m v^2 \\ f \times 2 \times 10^{-4} = \frac{1}{2} M v'^2 \end{cases}$$

联立解出M和 v' .)

1008 在太空中一宇宙飞船能经得起 200m/s^2 的加速度所产生的应力, 假设宇宙飞船的速率为光速的 $1/10^5$, 则宇宙飞船以最小半径作圆周运动的周期等于_____。

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题。

【解答】 $0.01\pi\text{s}$ 。

飞船的最小半径为

$$R = \frac{v^2}{a_n} = \frac{3 \times 10^8}{200} = 15(\text{m})$$

故周期为

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \times 15}{3 \times 10^8} = 0.01\pi(\text{s})$$

11009 一均匀球体以角速度 ω 绕自己的对称轴自转, 若维持球体不为离心现象所瓦解的唯一作用力是万有引力, 则球的最小密度应为_____。

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题。

【解答】 $\frac{3\omega^2}{4G\pi}$ 。

(设球体质量为 M , 在距转轴为 R 的球面上取质量 Δm , 球绕轴自转时, Δm 所需的向心力最大, 且有

$$G \frac{M\Delta m}{R^2} \geq \Delta m \omega^2 R$$

则密度

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3\omega^2}{4G\pi}$$

11010 图1-1-6所示是一半径为 R 的圆球, 其重心不在球心 O 上, 现将它置于水平地面上, 则平衡时球与地面的接触点为 A , 若将它置于倾角为 30° 的粗糙斜面上, 则平衡时(静摩擦力足够大)球与斜面的接触点为 B , 已知 AB 的圆心角为 30° , 则圆球重心离球心 O 的距离是_____。

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题。原试卷不要求说明理由。

【解答】 $\frac{\sqrt{3}}{3}R$ 。(提示: 如图1-1-7所示

当球于斜面上平衡时, 重力作用线通过 B 点,

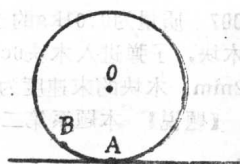


图 1-1-6

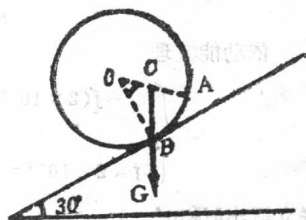


图 1-1-7

则 $\frac{OC}{\sin 30^\circ} = \frac{R}{\sin 120^\circ}$ 得 $OC = \frac{\sqrt{3}}{3} R$

11011 质量为 1kg 的降落伞，下面挂一质量不计的弹簧秤，弹簧秤下再挂一质量为 4kg 的物块。在下降过程中，已知降落伞受到空气的阻力为 30N ，则弹簧秤读数为_____。（物体所受阻力不计）

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题，原试卷不要求列出演算过程。

【解答】 $24(\text{N})$ 。（提示：以降落伞和物体系统为研究对象，则

$$(m_1 + m_2)g - f = (m_1 + m_2)a$$

$$a = 4\text{m/s}^2$$

解得

以物体为研究对象，则

$$m_2g - T = m_2a$$

$$T = 24\text{N}$$

解得

11012 墨经是我国战国时期墨家的著作，它包含有我国最早的关于力学方面的一些知识，其中有这样一句话：“衡，加重于其一旁必捶（与‘垂’同义）。”它表述了力学中关于_____的原理。

【题说】 本题系第二届全国中学生力学竞赛初赛试题。

【解答】 它表述了力学中关于杠杆的原理。

11013 有一汽车以速率 v_1 沿一略微倾斜的坡路向上匀速行驶，若保持发动机的功率不变，沿此坡向下匀速行驶的速率为 v_2 ，设摩擦力保持不变，则汽车以同样功率在水平路上匀速行驶时，其速率可达_____。

【题说】 本题系第一届全国中学生力学竞赛预赛试题，原卷不要求列出演算过程。

【解答】 $2\left(\frac{v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2}\right)$

提示：

根据物体的平衡条件，有：

匀速上坡： $F_1 - mgsin\theta - f = 0$

匀速下坡： $F_2 + mgsin\theta - f = 0$

匀速水平行驶： $F_3 - f = 0$

$$F_1 + F_2 = 2F_3$$

解得：

又由： $F_1 = P/v_1, F_2 = P/v_2, F_3 = P/v_3$

所以： $v_3 = 2\left(\frac{v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2}\right)$

11014 质量为 m 的小木块，停放在水平地面上，它与地面的静摩擦系数为 μ 。一人想用最小的作用力 F 使木块移动，则此最小的作用力 $F =$ _____。

【题说】 本题系第三届全国中学生物理竞赛预赛(第一试)试题。

【解答】
$$F = \frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}}.$$

设 F 与水平方向成 θ 角, 木块受四个力: 重力 mg , 支持力 N , 静摩擦力 f . 根据物体的平衡条件可得

$$F \cos \theta - f_m = 0$$

刚使木块移动时, 木块受到的最大静摩擦力为:

$$f_m = N\mu = \mu(mg - F \sin \theta)$$

得:
$$F = \frac{\mu mg}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$$

令 $\varphi = \arctg \frac{1}{\mu}$, 由上式得

$$F = \frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2} \sin(\theta + \varphi)}$$

故 F 最小值为

$$F = \frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}}.$$

11015 地下车站的自动扶梯在1分钟内可以把一个静止地站在梯上的人送上地面。如果自动扶梯不动, 这个人沿扶梯走上地面需要3分钟, 那么这个人沿着动的自动扶梯走上地面需要_____分钟。

【题说】 本题系第一届全国中学生力学竞赛预赛试题。原试卷不要求说明理由。

【解答】 $\frac{3}{4}$ 分钟。

自动扶梯的速度大小为:

$$v_1 = \frac{S}{t_1}$$

人相对扶梯的速度大小为:

$$v_2 = \frac{S}{t_2}$$

人沿自动扶梯走时, 人相对扶梯的速度大小为:

$$v_3 = \frac{S}{t_3} = v_1 + v_2 = \frac{S}{t_1} + \frac{S}{t_2}$$

所以

$$t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{3}{4} \text{ min}$$

11016 在水平放置的光滑导轨上, 沿着导轨方向固定一条形磁铁, 如图 1-1-8 所示。现有四个滑块。分别由铜、铁、铝和有机玻璃制成, 使它们从导轨上 A 点以一定的初速度向磁铁滑去, 则作加速运动的是_____, 作匀速运动的是_____, 作减速运动的是_____。



图 1-1-8

【题说】 本题系第一届全国中学生物理竞赛预赛第一试试题。

【解答】 作加速运动是铁; 作匀速运动是有机玻璃; 作减速运动是铜和铝。

铜块和铝块向磁铁滑去的过程中, 穿过铜和铝块中的磁通量发生变化, 产生感生电流, 根据楞次定律可知, 感生电流总是阻碍铜块、铝块和磁铁之间的相对运动, 所以铜块和铝块作减速运动。

铁块向磁铁滑去的过程中, 由于铁块被磁化, 靠近磁铁端为异名磁极, 相互吸引, 所以铁块作加速运动。

有机玻璃向磁铁滑去的过程中, 既不产生感生电流, 也不被磁化, 受到的合外力始终为零。

11017 一单摆的摆长为 l , 摆球的质量为 m , 最大摆角为 2° , 其周期为 T 。

1. 若摆长改为 $2l$ 时, 其周期将等于_____。
2. 若最大摆角改为 4° 时, 其周期将等于_____。
3. 若摆球质量改为 $2m$ 时, 其周期将等于_____。
4. 若摆的位置由地球表面移至距地面高度为地球半径时, 其周期将等于_____。

【题说】 本题系天津市1979年中学物理竞赛初试题。

【解答】 1. 其周期将等于 $\sqrt{2}T$ 。

2. 其周期将等于 T 。

3. 其周期将等于 T 。

4. 其周期将等于 $2T$ 。

单摆的周期只跟摆长和当地的重力加速度有关, 即 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ 。跟摆

球的质量和振幅无关。所以有

$$1. \quad T' = 2\pi \sqrt{\frac{2l}{g}} = \sqrt{2}T.$$

$$2. \quad T' = T.$$

3. $T' = T.$

4. $T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g/4}} = 2T.$

11018 一水平传送带长度为20m, 以2m/s的速度作匀速运动, 已知某物体与传送带的摩擦系数为0.1, 物体从放到传送带的一端开始, 到达另一端所需的时间为_____s.

【题说】 本题系第一届全国中学生力学竞赛预赛试题.

【解答】 11s.

物体放到传送带后, 开始在滑动摩擦力作用下加速运动,

$$mg \cdot \mu = ma$$

加速度为:

$$a = g\mu = 1\text{m/s}^2$$

判断物体从放到传送带到与传送带相对静止所需时间为

$$v = at_1 = 2\text{m/s}$$

$$t_1 = 2\text{s}$$

那么物体的运动情况是, 前2秒作匀加速直线运动, 且通过的距离为:

$$S_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 4 = 2(\text{m})$$

后18m以2m/s的速度匀速运动, 则所需时间为:

$$t_2 = \frac{18}{2} = 9(\text{s})$$

所以物体从传送带的一端到达另一端所需时间为: $t = t_1 + t_2 = 11\text{s}.$

11019 图1-1-9是甲、乙两物体的速度图线. 由图可知, 甲物体做_____运动. 乙物体做_____运动, 交点P的物理意义是_____

_____. 从 $t = 0$ 起经16秒两物体通过的路程相等.

【题说】 本题系云南省1979年中学物理竞赛填空题.

【解答】 甲物体做匀速运动. 乙物体做匀减速运动. 交点P的物理意义是当 $t = 8\text{s}$ 时, 甲、乙两物体的即时速度相等, 都是6m/s.

11020 在倾角为 θ 的光滑斜面上有一质量为 m 的物体, 在做变速运动, 如图

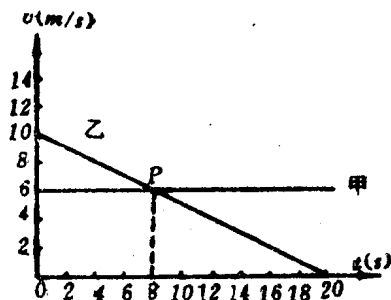


图 1-1-9

1-1-10所示。一水平恒力 F 作用在物体上，则作用在物体上的合力为_____。

【题说】 本题系第一届全国中学生力学竞赛预赛试题。原试卷不要求说明理由或列出演算过程。

【解答】 $F\cos\theta - mg\sin\theta$ 。

因是光滑斜面，忽略摩擦力的作用，且物体在垂直斜面方向的合外力为零，物体所受的合外力就等于物体在平行斜面方向上的合外力。

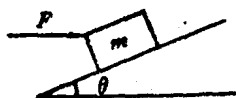


图 1-1-10

11021 一盛水烧杯放在台秤上，台秤上的读数为 x 。另有一固体，在空气中重力为 y ，与它同体积的水重为 z 。若把该固体悬挂在烧杯上方，并完全浸没在水中如图1-1-11所示。此时台秤的读数为_____。

【题说】 本题系第一届全国中学生力学竞赛预赛试题。

【解答】 $x + z$ 。

台秤的示数应为水与烧杯的总重力和固体对水的压力大小之和，且固体受到的浮力大小等于固体排开水的重力，固体受到的浮力与固体对水的压力是作用力与反作用力，大小相等，所以台秤的读数为 $x + z$ 。

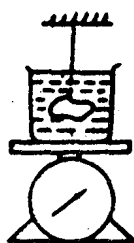


图 1-1-11

11022 把托在手掌中的物体沿竖直方向向上抛出，在物体脱离手掌的瞬间，手掌的运动方向_____，手掌的加速度方向_____，大小为_____。

【题说】 本题系第三届全国中学生物理竞赛预赛试题。

【解答】 手掌的运动方向向上，手掌加速度方向向下，其大小大于或等于 g 。

11023 一木块以一定的初速度作竖直上抛运动，在上升高度为 H 时，木块被水平飞来的速度和质量都一定的子弹所击中，并留在其中。若不计空气阻力，木块的落地点与抛出点的水平位移将随木块竖直上抛的初速度的增大而_____（填增大、不变或减小）。

【题说】 本题系第一届全国中学生力学竞赛预赛试题，原卷不要求说明理由。

【解答】 增大。

子弹击中木块后，木块在水平方向获得一定的速度，且水平方向速度不受竖直方向速度影响，大小保持不变。木块竖直上抛的初速度越大，木块上升的最大高度越大，那么子弹击中木块后，木块在空中运行时间越长，所以木块在水平方向位移越大。

11024 一物体从斜面底部以速率 v_0 沿斜面向上运动，若物体与斜面间摩擦系数为 μ ，当斜面倾角 α 满足条件_____时，物体沿斜面上升的高度最小。