



奥林匹克竞赛 题解精编

物 理



南京大学出版社
学林出版社



奥林匹克竞赛
题解精编

物 理



高中物理竞赛
题解精编

物理奥林匹克竞赛 题解精编

杜先智 宛炳生 许有霞 刘 峰 编

南京大学出版社
学林出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

物理奥林匹克竞赛题解精编 / 杜先智等编. —南京:
南京大学出版社, 1999.12

ISBN 7-305-03283-2

I. 物... II. 杜... III. 物理课-中学-解题
IV. G634.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 51396 号

书 名 物理奥林匹克竞赛题解精编
编 者 杜先智 宛炳生 许有霞 刘 峰
出版发行 南京大学出版社 学林出版社
社 址 南京汉口路 22 号 邮编 210093
上海文庙路 120 号 邮编 200010
电 话 025-3596923 传真 025-3303347
021-63777108 传真 021-63768540
网 址 WWW.njupress.com
电子函件 njupress1 @ public1.ptt.js.cn
经 销 全国各地新华书店
印 刷 南京印刷制版厂
开 本 850×1168 1/32 印张 28.625 字数 1121 千
版 次 2001 年 7 月第 1 版第 3 次印刷
ISBN 7-305-03283-2/O·220
定 价 35.80 元

* 版权所有,侵权必究。

* 凡购买南大版、学林版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

序

中学学科(数、理、化)竞赛题典,九十年代问世后,颇受欢迎,很快销售一空.为了适应各方面的需要,我们编成这套最新的竞赛题典,既搜集了近五年来的赛题,又从原来的题典中精选出一部分内容.这样,主要的竞赛(如国际竞赛)均保持完整,篇幅又不过于庞大,可以称为最新最精的题典.

信息科学(计算机)竞赛,五年前刚刚起步,现在材料已经很多.这次也编为一册.随着计算机的广泛使用,信息科学竞赛将会越来越引起人们的关注.

对于学科竞赛,有各种各样的看法,总的说来,与体育竞赛类似,正面效应远远超过负面影响.所以近年来,各学科的竞赛,不仅没有停滞的趋势,反而蓬勃发展,日益扩大.

“天下大事,必作于细.”我们希望,这套新题典的出版,对于中学学科竞赛的发展,对于科学知识的普及,对于国民素质的提高,能够起着一点积极有益的作用.

单 樽

《学科奥林匹克竞赛题解精编》

编委会

主 编 单 增

副主编 胡炳生(常务) 杜先智
王金理 江 涛

编 委 (按姓氏笔画为序)

王金理	巴健全	刘 峰	许有霞
杜先智	吴 俊	吴朝晖	张振环
张御冬	宛炳生	单 增	胡礼祥
胡炳生	黄晓华	魏先文	

物理卷编写组

杜先智 宛炳生 许有霞 刘 峰

前言

本卷是在数理化奥林匹克解题丛书《物理奥林匹克题典》的基础上作了必要的精选,除保留其中国际及国内历届大赛的内容外,对其内容仅选出少部分;增补了《国际物理奥林匹克竞赛》第23~27届的内容、《全国中学生物理竞赛》9~13届的内容,以及近几年来国外及国内部分省市物理竞赛的内容,以适应更多读者的需要。

本卷由力学、热学、电学、光学、近代物理及综合题六个部分组成,每个部分分填空题、选择题、解答题和实验题四种类型。各个部分的内容按下列顺序编排:

力学:运动学—动力学—力的平衡—动量—机械能—流体—振动—波和声学。

热学:分子性质—气态方程—热力学定律—液体—物态变化—热传递。

电学:静电场—电流—物质导电性—磁场—电磁感应—交流电—电磁波。

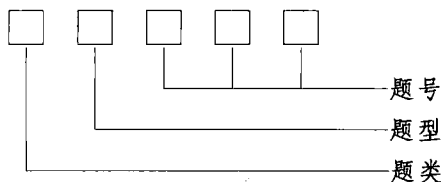
光学:几何光学—波动光学—光的本性。

近代物理:原子结构—原子核—基本粒子—电子学—天体—激光—超导—相对论。

综合题中精选了部分内容较广泛且不便归类的题型,以及一些与物理学相关的其他内容。

关于物理实验,凡是各次大赛的实验题均被收入;对于国内历年各省市复赛的实验题一般不在精选之列。

题号均为5位数,按以下规则编排:



各部分数字代码如下:

第一位数

第二位数

1——力学

1——填空题

2——热学

2——选择题

3——电学

3——解答题

4——光学

4——实验题

5——近代物理

6——综合类

图号也按类似方法编排。

为了方便读者,本卷在附录中除介绍了全国中学生物理竞赛的概况外,还列入了《全国中学生物理竞赛章程》、《全国中学生物理竞赛内容提要》等内容,供参考查阅。

本书由本卷编写组集体编写,杜先智担任本卷主编;全书由徐辅新教授主审。在编写过程中,编写组参阅了大量国内外资料,并得到了有关方面及多位专家学者的大力支持和热心帮助,限于篇幅名单不再一一列出。编者在此一并向他们表示衷心的感谢!

本书由于编写时间匆忙,不足之处在所难免,恳请广大读者不吝指正,谢谢!

编者

目 录

1 力学

1.1 填充题	(11001~11020)	1
1.2 选择题	(12001~12033)	9
1.3 解答题	(13001~13188)	28
1.4 实验题	(14001~14012)	249

2 热学

2.1 填充题	(21001~21006)	261
2.2 选择题	(22001~22007)	263
2.3 解答题	(23001~23077)	268
2.4 实验题	(24001~24016)	356

3 电学

3.1 填充题	(31001~31009)	379
3.2 选择题	(32001~32013)	382
3.3 解答题	(33001~33119)	392
3.4 实验题	(34001~34056)	542

4 光学

4.1 填充题	(41001~41007)	620
4.2 选择题	(42001~42009)	621
4.3 解答题	(43001~43058)	625
4.4 实验题	(44001~44028)	706

5 近代物理

5.1 填充题	(51001~51005)	752
5.2 选择题	(52001~52004)	753
5.3 解答题	(53001~53041)	756
5.4 实验题	(54001~54003)	827

6 综合类

6.1 填充题	(61001~61004)	844
6.2 选择题	(62001~62003)	846
6.3 解答题	(63001~63019)	848

6.4	实验题 (64001~64009)	872
7	附录	
	附录 1 全国中学生物理竞赛简介	898
	附录 2 全国中学生物理竞赛章程	900
	附录 3 全国中学生物理竞赛内容提要	903

1 力 学

1.1 填充题(11001~11020)

11001 网球拍以速度 v_1 击中以速度 v_0 飞来的网球. 被击中的网球的速率是_____ (以上所有的速率都是指相对于地面).

【题说】 本题系第3届全国中学生物理竞赛预赛第一部分试题. 须在一定假设条件下求解.

【解答】 最大速率为 $v_0 + 2v_1$.

以网球拍为参照物, 网球被击中前的相对速率为 $v_0 + v_1$, 若与球拍发生完全弹性碰撞, 并认为球拍质量远大于网球质量, 则击中后网球相对球拍的速率仍为 $v_0 + v_1$, 方向与球拍运动方向一致, 故相对地面速率为 $v_0 + 2v_1$.

11002 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 1-1-1 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_____.

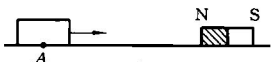


图 1-1-1

【题说】 本题系第1届全国中学生物理竞赛预赛(第一试)试题. 注意这四个滑块的材料特性对其相对于磁铁运动的影响.

【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.

11003 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3届全国中学生物理竞赛预赛试题. 加速度的大小只需定性地指出它的范围.

【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 .

11004 一火车沿直线轨道从静止出发由 A 地驶向 B 地, 并停止在 B 地. A, B 两地相距为 s . 火车作加速运动时, 其加速度最大为 a_1 ; 作减速运动时, 其加速度的绝对值最大为 a_2 , 由此可以判断出该火车由 A 到 B 所需的最短时间是

【题说】 本题系第 3 届全国中学生物理竞赛预赛(第一试)试题. 须充分理解火车由 $A \rightarrow B$ “最短时间”的条件.

【解答】 最短时间为 $\sqrt{\frac{2s(a_1+a_2)}{a_1a_2}}$.

由题意可知, 如果火车运动过程中, 在加速运动之后立即作减速运动, 中间不作匀速运动过程, 那么火车由 A 到 B 所需时间 t 最短. 设加速运动、减速运动所需时间分别为 t_1, t_2 , 由

$$a_1 t_1 = a_2 t_2, \quad t = t_1 + t_2,$$

得

$$t_1 = \frac{a_2}{a_1 + a_2} t, \quad t_2 = \frac{a_1}{a_1 + a_2} t,$$

又根据运动学公式得

$$s = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = \frac{1}{2} \times \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2} t^2.$$

所以最短时间为 $t = \sqrt{\frac{2s(a_1+a_2)}{a_1a_2}}$.

11005 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)

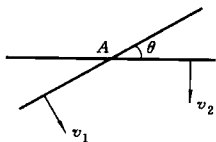


图 1-1-2

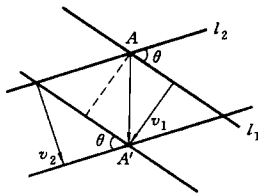


图 1-1-3

【题说】 本题系第 2 届全国中学生力学竞赛初赛试题, 注意二直杆运动的特征.

【解答】 $\frac{\sqrt{v_2^2 - 2v_1v_2\cos\theta + v_1^2}}{\sin\theta}$.

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

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

11006 如图 1-1-4 所示,一根长为 1m 的匀质柔软链条,一部分垂在桌沿下面,一部分放在桌面上,要使链条在桌面上静止,垂下部分的最大长度为 0.2m,则链条与桌面间摩擦系数为 _____.若此时稍有扰动,链条就会滑离桌面.当链条全部滑出桌面时的速度为 _____ (g 取 10m/s^2).

【题说】 本题系西安市 1991 年高中物理竞赛试题.此题涉及变力做功问题.这里采用简单解法.

【解答】 当链条在桌面上静止时,由力的平衡条件知:

$$0.2\lambda \cdot g = 0.8\lambda\mu g,$$

这里 λ 为单位长度质量.

$$\text{解得: } \mu = \frac{1}{4} = 0.25,$$

链条因受扰动而下滑,当其全部滑出桌面时,由能量守恒定律得:

$$v^2 = 2gh,$$

此时重心下降 0.4m,且

$$v = \sqrt{2 \times 10 \times 0.4} = 2\sqrt{2} \text{ (m/s)}.$$

11007 放映电影时,看到影片中一辆马车从静止起动.逐渐加快.在某一时刻车轮开始倒转.已知电影放映机的速率是每秒 30 幅画面,车轮的半径是 0.6m,有 12 根辐条.车轮开始倒转时马车的瞬时速度是 _____ m/s.

【题说】 本题系第 12 届全国中学生物理竞赛预赛(第一试)试题.

【解答】 1.5π .

11008 1. 两物块重叠放置. A 用绳系在墙上(如图 1-1-5), A 重 100kg , B 重 150kg , A 与 B 间的静摩擦系数 $\mu_{AB} = 0.25$. 拉力 $F = 125\text{N}$ 时恰能拉动物块 B, 则物块 B 与水平面间的静摩擦系数为 _____.

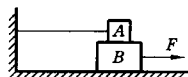


图 1-1-5

2. 用两根钢丝绳 AB 与 BC 将电线杆 DB 支持住(如图 1-1-6). $AD = 5\text{m}$, $DC = 9\text{m}$, $DB = 12\text{m}$, 若希望电线杆不发生倾斜, 二绳张力 $T_{AB}/T_{BC} =$ _____.

3. 在已知的一段路程上,一物体在前半段路程中的运动速度 $v_{\text{前}} = 5\text{m/s}$, 在后半段路程中的速度 $v_{\text{后}} = 3\text{m/s}$. 此物体在整个路程上的平均速度为 _____.

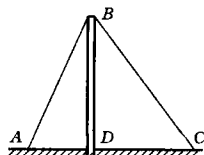


图 1-1-6

4. 要把密度为 0.6kg/m^3 的重 W 的一块木头完全浸在水面下,至少要在木块下挂一重为 7.8kg 的铁块,那么这块木头的重量 $W =$ _____.

5. 打桩机锤头的质量为 M_1 由高 H 处自由下落, 打在质量为 M_2 的木桩上, 并且不被弹起 (如图 1-1-7). 每落锤一次把木桩打入土中深度是 s , 则木桩所受平均阻力为 $f =$ _____.

【题说】 本组题系 1994 年北京市高一物理竞赛试题.

【解答】 1. 0.4; 2. $39/25$; 3. 75m/s ; 4. 10.2kg ;

5. $m_1^2 gh / (m_1 + m_2)s + (m_1 + m_2)g \approx m_1^2 gh / (m_1 + m_2)s$.

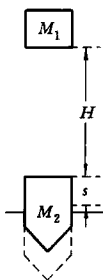


图 1-1-7

11009 1. 如图 1-1-8 所示, 在一质量为 M , 半径为 R 的铅球中挖一半径为 $R/2$ 的空腔, 使其表面与铅球表面相切. 在铅球中心 O 与空腔中心 O' 的连线上距铅球中心 O 为 d 处有一质量为 m 的质点, 则 m 所受剩余部分铅体的万有引力 $F =$ _____.

2. 如图 1-1-9 所示, 小物块放在倾角为 θ 的固定斜面上, 它与斜面间的摩擦系数为 $\tan\varphi$ (φ 为一确定角度), 当受力 F 沿与斜面成 β 角方向拉物体沿斜面向上运动时, 若想最省力 (即 F 值最小), 则 $\beta =$ _____.

3. 已知为使一小型机动船保持匀速行驶, 所需牵引力的大小与其速率成正比, 当船的发动机的输出功率为 7.5kW 时, 可使船速达 4.0km/h , 若要使船速达 12km/h , 则发动机的输出功率为 _____ kW .

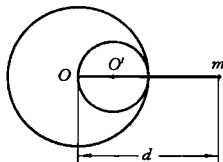


图 1-1-8

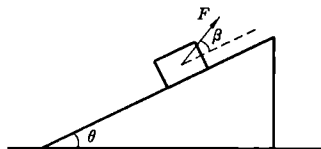


图 1-1-9

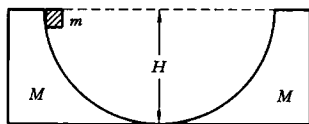


图 1-1-10

4. 如图 1-1-10 所示, 两个质量均为 M , 高均为 H 的物块彼此相隔一定距离, 静止地放在光滑水平面上, 一个质量为 m 的小物体自一个物块的顶端由静止开始沿 $1/4$ 圆弧形的光滑滑道滑下, 又沿另一物块的同型光滑滑道上升, 若不计空气阻力, 则物块上升的最大高度为 $h =$ _____.

5. 平板做水平方向的简谐振动, 周期为 5s , 当平板振动的振幅达到 0.6m 时, 其上面的一个物体开始滑动, 则可知该物体与平板之间的摩擦系数 $\mu =$ _____.

【题说】 本组题系北京市高一物理竞赛试题.

【解答】 1. $\frac{GMm}{d^2} \left\{ 1 - \frac{1}{8[1 - R/(2d)]^2} \right\}$; 2. φ ; 3. 67.5 ;

4. $[M/(M+m)]^2 H$; 5. 0.1 .

11010 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 1-1-11 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 1 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.

11011 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面上匀速行驶时,其速率可达_____.

【题说】 本题系第 1 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:

$$\text{匀速上坡,} \quad F_1 - mg\sin\theta - f = 0;$$

$$\text{匀速下坡,} \quad F_2 + mg\sin\theta - f = 0;$$

$$\text{匀速水平行驶,} \quad F_3 - f = 0.$$

$$\text{解得:} \quad F_1 + F_2 = 2F_3,$$

$$\text{又由} \quad F_1 = P/v_1, F_2 = P/v_2, F_3 = P/v_3,$$

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

11012 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 $F = \underline{\hspace{2cm}}$.

【题说】 本题系第 3 届全国中学生物理竞赛预赛(第一试)试题.由分析木块刚刚起动的条件入手.

【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 ,和推力 F . 根据物体的平衡条件可得

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

则使木块移动时,木块受到的最大静摩擦力为

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

得:

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

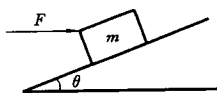


图 1-1-11

令

$$\varphi = \arctan \frac{1}{\mu}, \text{ 由上式得}$$

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

故 F 最小值为

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

11013 1. 质量为 m 的软绳, 悬挂于同一高度的二固定点 A, B 之间(如图 1-1-12), 已知绳的悬挂点处的切向与水平夹角为 θ , 则绳最低点 C 处的张力为_____.

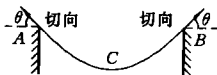


图 1-1-12

2. 如图 1-1-13 所示, 小球通过长为 L 的轻细绳悬挂于 O 点, O 点正下方距离为 l 处有一钉子 O' . 今将悬线拉到水平, 然后将小球由静止释放, 要使小球能以钉子为中心作圆周运动而达到 O' 正上方 A 点, 则 l 至少应为_____ L .

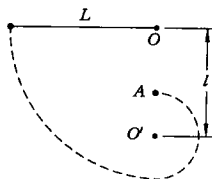


图 1-1-13

【题说】 本题系高中物理知识竞赛吉林省赛区初赛试题. 读者可作简单运算后写出答案.

【解答】 1. $(1/2)mg \cot \theta$;

2. $l = 0.6L$.

11014 在水平铁轨上运动的小车(如图 1-1-14

所示), 车内一质量为 M 的物体与两根劲度系数分别为 k_d, k_c 的弹簧 d, c 相连接, 开始两弹簧均未发生形变. 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)

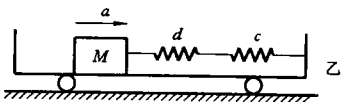
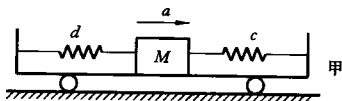


图 1-1-14

【题说】 本题系第 2 届全国中学生力学竞赛初赛试题.

【解答】 $\frac{Ma}{k_d + k_c}$; $\frac{(k_d + k_c)Ma}{k_d \cdot k_c}$.

(在甲图中 $k_d x + k_c x = Ma$)

在乙图中 $k_d x_d = k_c x_c = Ma$)

11015 木星的公转周期为 $12a$ (年). 设地球至太阳的距离为 $1AU$ (天文单位), 则木星至太阳的距离约为_____天文单位.

【题说】 本题系第 3 届全国中学生物理竞赛预赛试题.

【解答】 约为 5.2 或 $2\sqrt[3]{18}$ 天文单位.

设地球至太阳的距离为 R_1 , 地球的公转周期为 T_1 , 木星至太阳的距离为 R_2 , 木星的公转周期为 T_2 , 则有

$$G \frac{Mm_1}{R_1^2} = m_1 \omega_1^2 R_1 = m_1 \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2 R_1,$$

$$G \frac{Mm_2}{R_2^2} = m_2 \omega_2^2 R_2 = m_2 \left(\frac{2\pi}{T_2} \right)^2 R_2,$$

所以

$$R_2 = R_1 \sqrt[3]{\left(\frac{T_2}{T_1} \right)^2} = 1 \cdot \sqrt[3]{12^2} (\text{AU}) = 2 \sqrt[3]{18} \approx 5.2 (\text{AU}).$$

11016 1990年3月,紫金山天文台将1965年9月20日发现的第2752号小行星命名为吴健雄星,其直径为32km.如果该行星的密度与地球相同,则对该小行星来说,其上物体的第一宇宙速度约为_____.吴健雄对物理学做出的最大贡献是_____.

【题说】 本题系第7届全国中学生物理竞赛预赛题.考虑引力与向心力.

【解答】 20m/s. 用实验证实了李政道和杨振宁提出的弱相互作用下宇称不守恒的理论.

根据万有引力定律和向心力公式得:

$$G \frac{M_{\text{地}} m}{R_{\text{地}}^2} = m \frac{v_{\text{地}}^2}{R_{\text{地}}}, \quad (1)$$

$$G \frac{M_{\text{星}} m}{R_{\text{星}}^2} = m \frac{v_{\text{星}}^2}{R_{\text{星}}}, \quad (2)$$

将(1)和(2)式的两边分别除以 $\frac{4}{3}\pi R_{\text{地}}$ 和 $\frac{4}{3}\pi R_{\text{星}}$, 得:

$$G\rho = \frac{3}{4\pi} \times \frac{v_{\text{地}}^2}{R_{\text{地}}^3}, \quad (3)$$

$$G\rho = \frac{3}{4\pi} \times \frac{v_{\text{星}}^2}{R_{\text{星}}^3}, \quad (4)$$

由(3)和(4)式解得:

$$v_{\text{星}} = \frac{R_{\text{星}}}{R_{\text{地}}} \cdot v_{\text{地}} = \frac{1.6 \times 10^4}{6.4 \times 10^6} \times 7.9 \times 10^3 \text{ m/s} \approx 20 \text{ m/s}.$$

11017 如图1-1-15所示,一质量为 m 的物块位于一质量可忽略的直立弹簧上方 h 高度处,该物体从静止开始落向弹簧.设弹簧的劲度系数为 k ,则物块可以获得的最大动能是_____.

【题说】 本题系第3届全国中学生物理竞赛预赛试题.注意要求的是“最大动能”.

【解答】 最大动能为 $mgh + \frac{m^2 g^2}{2k}$.

物块落到弹簧上后,与弹簧组成弹簧振子,设振子处于平衡状态时,弹簧缩短长度为 x ,则:

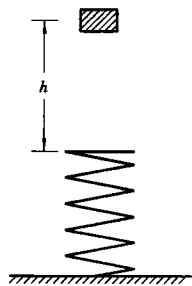


图 1-1-15