新要求高考物理能力与方法

■ 张明森
■ 周恩光







上海教育出版社

新要求
高考物理能力与方法

张明森　周恩光

上海教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

新要求高考物理能力与方法 / 张明森,周恩光著. 上海:上海教育出版社,2004.9
ISBN 7-5320-9754-4

Ⅰ.新... Ⅱ.①张...②周... Ⅲ.物理课—高中—解题—升学参考资料 Ⅳ.G634.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 101871 号

新要求高考物理能力与方法

张明森　周恩光

上海世纪出版集团
上 海 教 育 出 版 社 出版发行

易文网:www.ewen.cc

(上海永福路 123 号　　邮编:200031)

各地新华书店经销　　上海商务联西印刷有限公司印刷

开本 787×1092　1/16　印张 14.5　字数 378,000

2004 年 10 月第 1 版　　2004 年 10 月第 1 次印刷

印数 1－8,000 本

ISBN 7-5320-9754-4/G·9516　定价:20.00 元

前　言

根据二期课改《中学物理课程标准》的精神，要对物理学科的学习评价和考试进行改革，其核心在于更新命题观念，力免偏重死记硬背公式，力免难题偏题，着重于学生对物理概念理解、解决物理问题能力和思维辨析能力的考核等多方面新要求。为此，我们及时组织相关专家编写了这本《新要求高考物理能力与方法》。全书精选了“课标”规定的力学、热学、电磁学、光学和原子物理学各类考点中相关的能力测试新题目400余题，将它们逐一以概念剖析入手予以精解。这些题目均选自近年来全国各地高考、模拟高考中很有物理内涵的、典型的能力型试题。强调方法、提高技能、剖析考点、高屋建瓴是本书的宗旨。为此，例析题设有[分析]、[解]及[反思]等几个层次。[分析]部分，着重介绍如何通过读题获取题目提供的有用信息以及如何处理所获取的相关信息；[解]则介绍如何应用所获取的和处理过的信息，建立合理的物理图景，并以最便捷的方法解好试题，限于篇幅，我们无法像教材中例题解析那样，一步不漏地展开，而只是展现解题的关键步骤；[反思]则指出本试题的解题关键与核心技巧，总结与本试题同类问题的解题程序、方法和技艺，以拓展视野，举一反三。

题型新、综合性强、能力要求较高，又不失基础性的例析对正在积极备考的广大加试物理的高三学生以及物理指导教师显然是极其宝贵与重要的。编者的意图是希望改变过去在少量例析后就要求学生大量做题，变成“做题机器”的低效复习方法与辅导方法；而是希望通过考生认真读题与思考，学会分析解题过程和反思的技能、掌握融会贯通的本领，切实感受到提高解题技艺的乐趣。然后花少量时间，通过使用本书第五部分的自我测试训练，以资消化和比照。这不仅是作者匠心独到的编书技艺，更理性地说，也是我们对“以人为本”，以学生发展为本的追求。题目概念强，形式新，解题思路要活，能力要求自然也高，而复习时间却是常量，这就是摆在考生面前的大

矛盾。用穷举法去解上万道物理题目,精力是不允许的,也实在没有这种必要。我们从尽可能帮助广大考生化解上述矛盾的愿望出发,试着编写这本例题精析型的新要求高考物理考前读本。面对高考试题的诸多新要求和新题型,考生要在考场中以极短时间内领悟并快速正确解题并非易事。因此,本书力图帮助广大考生读新题,看范例,以领悟命题新脉络,了解高考能力型试题的改革新走向,花较少时间成功地把握新题型解题关键、方法和技巧。可见,认真研读本书,对广大考生来说是一种成功的策略。

本书的作者是悉心从事物理高考辅导和研究达数十年的名师,拥有丰富的高考信息资源,本书也是作者多年成功指导学生考入全国重点大学的训练技巧和解题经验的结晶。

我们衷心希望广大加试物理的考生,能高效地把握考点,在物理高考中取得高分,以体现多年努力学习的优异成果。同时也热切希望广大师生对本书提出进一步提高的建议。

编　　者

2004 年 9 月

目　录

第一部分 力 学

1. 在光滑的水平面上放着两块长度相同、质量分别为 M_1 和 M_2 的木板，在两木板的左端各放一个大小、形状、质量完全相同的物块 m，如图 1-1 所示。开始均静止，若在两物块上各作用一水平恒力 F_1 和 F_2，当物块与木板分离时，两木板所获得的速度分别为 v_1 和 v_2，又知物块与两木板的滑动摩擦系数相同，则下列说法中正确的是 ( )

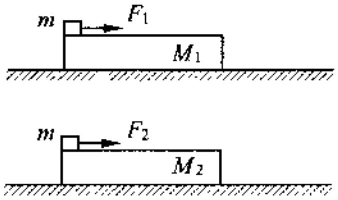

图 1-1

A. 若 $F_1=F_2, M_1>M_2$ 则 $v_1>v_2$。 B. 若 $F_1=F_2, M_1<M_2$ 则 $v_1>v_2$。

C. 若 $M_1=M_2, F_1>F_2$ 则 $v_1>v_2$。 D. 当 $M_1=M_2, F_1<F_2$ 则 $v_1>v_2$。

［分析］ 由题意可知板长、物块质量以及摩擦系数(l, m, μ)均不变。作用力和木板质量(F, M)可以变。当物块各自与木板分离时木块的速度 v 如何？

因为块物受 F 作用，则作加速运动。由于物块与木板间相互作用力(摩擦力)，所以木板也随之运动。当物块与木板分离时，木板停止作用力，因而获得速度 v，所以可用牛顿定律和运动学原理来求解，见图 1-2。

［解］ **解法(1)** 应用牛顿定律和运动学原理解。

物块受力分析 $F-f=ma_m \quad \therefore a_m=\dfrac{F-f}{m}$。

木板受力分析 $f=Ma_M \quad \therefore a_M=\dfrac{f}{M}$。

设经过 t 秒物块与木板分离

木板位移 $\Delta l=\frac{1}{2}a_Mt^2$，物块位移 $\Delta l+l=\frac{1}{2}a_mt^2$。

物块相对木板位移 $\Delta l+l-\Delta l=l=\frac{1}{2}(a_m-a_M)t^2$，

则 $l=\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{F-f}{m}-\dfrac{f}{M}\right)t^2=\left[\dfrac{M(F-f)-mf}{2mM}\right]t^2$。

$\therefore \quad t^2=\dfrac{2mMl}{M(F-f)-mf}$。

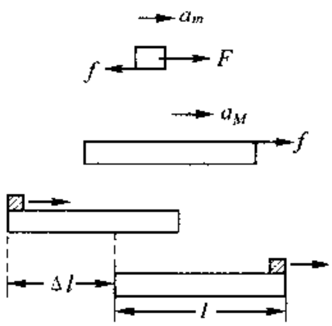

图 1-2

由于 $v_M=a_Mt=\dfrac{f}{M}\sqrt{\dfrac{2mMl}{M(F-F)-mf}}=\sqrt{\dfrac{2mlf^2}{M[M(F-f)-mf]}}$。

［讨论］ 已知 l, m, f 均不变。当 F 不变，M 增大，则 $v_M\downarrow$ 因而取 B。当 M 不变，F 增大，则 $v_M\downarrow$ 因而取 D。

该题是选择题，而我们用计算题来解，显得不合情理。该题只需定性说明即可，不需要用定量

来判断，因而对本题只需作定性分析即可。

根据题意条件我们可以作极端假设法，也就可设定 M 增大，若增大到∞（$M\to\infty$）情况如何？F 增大，当 $F\to\infty$ 速度情况又如何？

解法(2) 用极端假设法。

∵木板速度 $v_M=a_Mt=\frac{f}{M}t$；若 F 不变（由于 f 始终不变），M 增大，若 $M\to\infty$，则 $v_M\to0$。

∴得到 $M\uparrow\Rightarrow v_M\downarrow$ 故选 B。

若 M 不变，F 变大，若 $F\to\infty$，则 $t\to0$，∴$v_M\to0$。

∴得到 $F\uparrow\Rightarrow v_M\downarrow$ 故选 D。

［**反思**］ 在选择题中仅可能定性分析，而在判断问题时，可从题意条件作出合理的极端假设。这样可避免大量繁琐的公式计算，既省力又省时，大大提高解题的效率。

2. 如图 1-3 所示，一根轻弹簧上端固定，下端挂一质量为 m_0 的平盘。盘中有一物体质量为 m。盘静止时，弹簧的长度比其自然长度伸长了 l。现向下拉盘使弹簧再伸长 Δl 后停止。然后松手放盘，设弹簧总处于弹性限度内，则刚松手时，盘对物体的支持力等于 （　　）

A. $(1+\frac{\Delta l}{l})mg$。　　B. $(1+\frac{\Delta l}{l})(m+m_0)g$。

C. $\frac{\Delta l}{l}mg$。　　D. $\frac{\Delta l}{l}(m+m_0)g$。

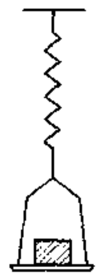

图 1-3

［**分析与解**］ ∵向下再伸长 Δl 则作用力为 $k\Delta l$。松手后，$k\Delta l=(m+m_0)a$。

∵$kl=(m+m_0)g$，　∴$\frac{\Delta l}{l}=\frac{a}{g}$，则 $a=\frac{\Delta l}{l}g$。

对物体 m 而言，松手后向上作 a 的运动，

得到 $N-mg=ma$，$N=m(g+a)=m(g+\frac{\Delta l}{l}g)$，

则 $N=mg(1+\frac{\Delta l}{l})$，故正确选项应为 A。

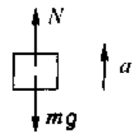

图 1-4

我们若采用特殊情况判断：当 $\Delta l=0$，即手并未向下拉盘，此时盘对物体的支持力 $N=mg$，因而将 $\Delta l=0$ 代入时 $N=mg$，因而也能作出正确判断，选 A。

［**反思**］ 若能应用正确的物理概念和规律来解题，可避免繁琐计算能较快地得到结果。

3. 如图 1-5 所示，长为 0.75m 的静止直筒，筒底有一小球。现对筒施加一个竖直向下、大小为 21N 的恒力 F 作用，使筒向下运动。经过 0.5s 时间，小球离开筒口，则直筒的质量为__________。

［**分析与解**］ 对小球作受力分析：$mg=ma_m$，∴$a_m=g$。

对筒受力分析：$F+Mg=Ma_M$，∴$a_M=\frac{F}{M}+g$。

经过 t 秒小球离开筒口，小球位移 $\Delta l=\frac{1}{2}a_mt^2$，

直筒的位移：$l+\Delta l=\frac{1}{2}a_Mt^2$，

图 1-5

筒相对于小球位移：$l+\Delta l-\Delta l=l=\frac{1}{2}(a_M-a_m)t^2=\frac{1}{2}\frac{F}{M}t^2$，

则 $M=\frac{F}{2l}t^2=\frac{21}{2\times0.75}\times0.5^2=3.5\,\text{kg}$。

实际上，从题意知，经过0.5s，小球离开筒口，则用相对运动处理更妥当。

$l=\frac{1}{2}(a_M-a_m)t^2$，由于 $a_M=\frac{F}{M}+g$，　$a_m=g$，　则　$l=\frac{1}{2}\frac{F}{M}t^2$。

[反思]　应从题意找出解题的切入口，则问题就可显而易见地解决。

4. 要从地球上发射探测器并到达火星（设地球、火星、太阳在同一平面内）。先让探测器脱离地球轨道，绕太阳作圆周运动，在适当时间点火加速，从绕太阳的圆轨道加速到与火星圆轨道相切的椭圆轨道，到达火星引力范围。据天文观察发现，5月1日零时火星与太阳的连线与地球和太阳的连线之间夹角为60°，且知火星轨道半径 $r_火=1.5r_地$（$r_地$ 是地球绕太阳的轨道半径）。试求上述的“适当时间”。

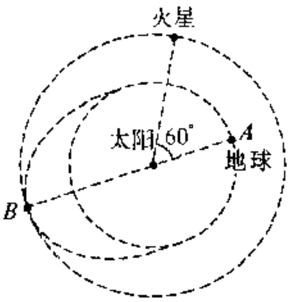

图 1-6

[分析与解]　题意要求，探测器需到达火星引力范围，即二者必须在同一点上，但火星绕太阳的周期和探测器绕太阳周期不同。若二者同时到达，则必须知道各自的周期才能判断，因而本题的关键是如何得到各自的周期。

$\because G\frac{mM}{r^2}=m\omega^2r=m\frac{v^2}{r}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，　$\therefore GM=\frac{4\pi^2}{T^2}r^3$，即 $GM\propto\frac{r^3}{T^2}$。因而得到 $T^2\propto r^3$。

地球周期 $T_地=365$ 天，则 $\left(\frac{T_火}{T_地}\right)^2=\left(\frac{r_火}{r_地}\right)^3=\left(\frac{1.5}{1}\right)^3=3.375$，火星的周期则为 $T_火=\sqrt{3.375}\times365=1.837\times365\approx671$ 天。

由于探测器轨道为椭圆，其半径为长轴的一半 $r=\frac{d}{2}$，即 $r_探=\left(\frac{1.5+1}{2}\right)r_地=\frac{2.5}{2}r_地=1.25r_地$，

$\left(\frac{T_探}{T_地}\right)^2=\left(\frac{r_探}{r_地}\right)^3=\left(\frac{1.25}{1}\right)^3=1.953$，$T_探=\sqrt{1.953}\times365=1.397\times365\approx510$ 天。

从题意知，起始时位置为地球与火星间成60°（如图1-6所示），则探测器从 A 到达 B 的时间为半个周期，即 $\frac{510}{2}=255$ 天。

那么，对于火星而言，要知道它每天转多少度，在255天后转过多少度。

因而需知火星的角速度 $\omega_火=\frac{\theta}{t}=\frac{360}{671}=0.537$ 度/天，即每天转过0.537度。得到火星在255天后转过角度为 $\theta=\omega t=0.537\times255\approx137°$。

因而探测器和火星应相差 $\Delta\varphi=180°-137°=43°$。

从题意知火星与地球间夹角为60°（起始点位置），那么必须当火星与地球与太阳的连线间夹角为43°时，才对探测器点火，那么探测器才能和火星在同一点能相遇。

从另一角度火星相对地球后移17°时探测器点火。

因而由 $(\omega_地-\omega_火)t_x=17°$　　$\left(\omega_地=\frac{360}{365}=0.986\right)$，

t_x 即为火星相对地球到达43°位置时所需时间，也就是探测器点火加速之时，那么探测器从绕

太阳的圆轨道加速到与火星圆轨道相切的椭圆轨道、到达火星引力范围。

则 $t_x = \frac{17}{0.986 - 0.567} = 37.8619 \approx 38$ 天。

所以点火时间为 5 月 1 日 + 38 天⇒6 月 7 日零点这时刻探测器点火加速。

[反思] 该题所用的规律只有一个$\frac{r^3}{T^2}$=常量，但它的过程是关键，由于三者的半径和周期均不等，因而速度也不等，起始点又不完全相同，且还涉及到相对运动。所以解题不仅是代公式，或利用公式解题，最主要的是了解过程、弄清题意：开始地球与火星到太阳连线间的夹角为 60°，探测器点火从绕太阳圆轨道加速到与火星圆轨道相切的椭圆轨道，因而求得探测器转过 180°需 255 天，又推出火星在 255 天中转过 137°⇒差值 $\Delta\varphi = 180° - 137° = 43°$。由开始相差 60°及题意可知差 17°，即火星相对地球反向转移 $60° - 43° = 17°$。

由$(\omega_{地} - \omega_{火})t_x = 17°$，即得到火星与探测器在 38 天后能在 B 点相遇。

5. 一竖直放置的轻质弹簧，下端固定，上端连接质量不计的平板，平板上放一个质量 $m = 2625$g 的物体 A，已知弹簧的劲度系数 $k = 200$N/m，系统原来处于静止状态。现给物体 A 施加一竖直向上的拉力 F，如图 1-7 所示，使物体 A 由静止开始向上做匀加速直线运动。已知在前 0.2s 内 F 是变力，在 0.2s 以后 F 是恒力，试求：

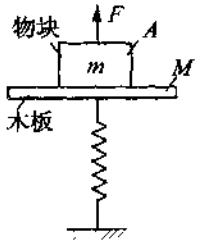

图 1-7

(1)开始时弹簧被压缩的长度为多少？

(2)力 F 的最小值和最大值各为多少？

若平板质量不能不计，$M = 375$ g，则以上两个问题又如何？

[分析与解] 若平板质量 $M = 0$，则物体 A 与板分离时所受弹力为零。∴弹簧恢复原长。

(1)若平板质量 $M \neq 0$，则物体 A 与板分离时所受弹力为零，但 M 上所受弹力不为零，此时对于平板有 $kx_2 - Mg = Ma$，即 $kx_2 = M(g + a)$，x_2 即为 A 脱离时弹簧的长度。

(即平板无质量，弹簧为原长时物体分离；平板有质量，物体分离时)弹簧仍有压缩

设 $M = 0, mg = kx_1$ $\quad \therefore x_1 = \frac{mg}{k} = \frac{2.625 \times 10}{200} = 0.13125$m(开始时压缩长度)

(2)物体分离时的位移 $s = x_1 = \frac{1}{2}at^2$，$a = \frac{2x_1}{t_2}$，故 F 最小值 $F_{min} = ma = 2.625 \times \frac{2s}{t^2}$

$= 2.625 \times \frac{2 \times 0.13125}{(0.2)^2} = 172.26$N。

F 最大值即为 m 脱离时 $\quad F_{max} = m(g + a) = 26.25 + 172.26 = 198.52$N。

若 $M = 375$ g，则$(m + M)g = kx_1$，$x_1 = \frac{(m + M)g}{k} = \frac{30}{200} = 0.15$m($x_1 = 0.15$m 时压缩的长度)。

当 m 脱离时，M 仍有弹力，$kx_2 - Mg = Ma$，$\therefore x_2 = \frac{M(g + a)}{k}$。

此时弹簧变化量为 $\Delta x = x_1 - x_2 = \frac{1}{2}at^2$，

$\frac{1}{2}at^2 = 0.15 - \frac{M(g + a)}{k}$，$0.15 - 0.001875(g + a) = 0.02a$

$0.02a + 0.001875a = 0.15 - 0.01875 = 0.13125 = 0.021875a$，$\therefore a = 6$ m/s^2。

因而最小值为 $F_{min} = ma = 2.625 \times 6 = 18$ N。

最大值 $F_{max}=m(g+a)=2.625\times16=42$ N。

［反思］ 本题关键是物体与平板什么时候分离，分离在何位置。由题意知：前 0.2 s 时 F 为变力，0.2 s 后变为恒力且物体加速度不变，这说明 0.2 s 后两者分离［$\because m$ 分离时只有自身重力。$\therefore F-mg=ma, F=m(g+a)$ 为恒力］。而在 0.2 s 内物体 A 既受重力又受弹力，因而此时 F 为变力。

其次，由于物体 A 分离后只受自身重力和 F，无弹力，所以当平板质量不计，那么弹力为零即恢复原长，$(mg=kx_1)$ $\therefore x_1$ 就是在0.2 s 内的位移，则 $a=\dfrac{2x_1}{t^2}$。

若平板有质量，弹簧与 M 不分离，M 仍有弹力作用 $kx_2-Mg=Ma$，

$kx_2=M(g+a)$，$x_2=\dfrac{M(g+a)}{k}$，开始时压缩长度 $x_1=\dfrac{(m+M)}{k}g$。因而在0.2 s 内位移为 $x_1-x_2=\dfrac{1}{2}at^2$。

本题关键是何时、何处分离，刚施力时 F 为最小值（$\because$ 重力与弹力平衡）；刚分离时 F 为最大值（$\because$ 此时弹力为 0）。

6. (1)如 1－8 图所示，AB 和 BC 杆长相等，质量均为 m，各自都可绕 A 或 B 转动轴转动。若使杆水平平衡，则在竖直方向所加外力大小为______，离转轴 A 点距离为______。

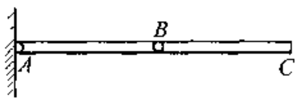

图 1-8

(2)若 AB 重为 mg，BC 重为 $2mg$，为使两杆呈水平状态，在 B 端与 C 端各施加一个竖直向上的力 F_B 和 F_C 应各为多少？

［分析与解］ (1)因题意需平衡，因而 AB 受力分析如图 1-9(a)，BC 受力分析如图 1-9(b)。

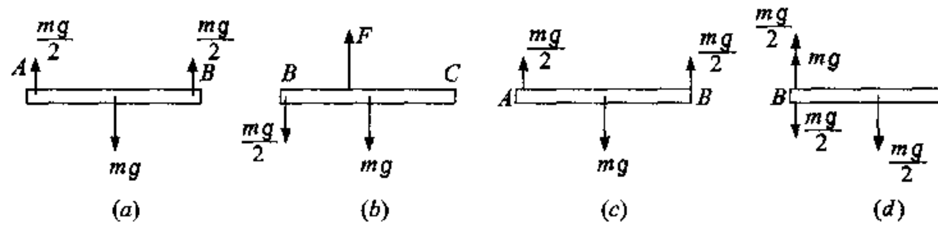

图 1-9

$\because B$ 点合力为零，$\therefore BC$ 在 B 点的力为 AB 在 B 点的反作用力。

为使杆水平平衡，故 $F=mg+\dfrac{mg}{2}=\dfrac{3}{2}mg$。

设杆长均为 l，由力矩平衡式（以 B 为转轴）：$\dfrac{3}{2}mg\cdot x=mg\cdot\dfrac{l}{2}$，故 $x=\dfrac{l}{2}\times\dfrac{2}{3}=\dfrac{l}{3}$，故 F 距 A 点为 $l+\dfrac{l}{3}=\dfrac{4}{3}l$。

(2)AB 受力分析如图 1-9(c)，BC 受力分析如图 1-9(d)。

由于 BC 平衡，$\therefore F_B=mg+\dfrac{mg}{2}=\dfrac{3}{2}mg$，$F_C=mg$。

［反思］ 只需紧扣平行力的平衡就很易解决，无需列方程求解。

7. 图 1-10 为一传送带装置示意图，其中传送带经过 AB 区域是水平的，经过 BC 区域是变为圆弧形（圆弧未画出），经过 CD 区域是倾斜的，AB 和 CD 都跟 BC 相切。现将大量的质量均为 m 的小货箱一个一个在 A 处放到传送带上，放置时初速为零，经传送带送到 D 处。D 和 A 的高度差为 h，稳定工作时传送带速度不变，CD 段上各箱等距排列，相邻两箱的距离为 l，每个箱子在 A 处投放后在到达 B 之前已相对于传送带静止，且以后也不再滑动（忽略经 BC 段时微小滑动）。已知在一段相当长的时间 T 内，共运送小货箱的数目为 N，这装置由电动机带动，传送带与轮子间无相对滑动，不计轮轴处的摩擦，试求电动机的平均输出功率 $\overline{P}$。

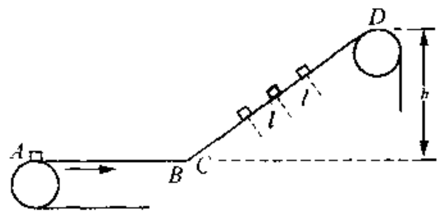

图 1-10

［分析与解］ ∵货物从 $0\to v$，∴货箱位移 $s_1=\frac{v}{2}t_1$，（t_1 为 $0\to v$ 所花时间），而此时皮带移动距离为 $s_1=vt_1=2s_1$，此时货箱获得动能为 $\frac{1}{2}mv^2=fs_1=W_1$。

而皮带克服摩擦力所做功 $W_2=fs_2=2fs_1=2\times\frac{1}{2}mv^2=mv^2$。

可见，二者能量差即每移送一个货箱摩擦力消耗的能量为 $\frac{1}{2}mv^2=Q_0$（轴和皮带发热）。

因而在整个过程中输送 N 个物箱，传送带所做的总功为

$$W_{总}=N\frac{1}{2}mv_0^2+Nmgh+NQ_0=2N\frac{1}{2}mv^2+Nmgh=N(mv^2+mgh)$$

$$=Nm(v^2+gh)\quad（∵匀速输送，∴Nl=vT，v=\frac{Nl}{T}），$$

即 $W_{总}=Nm\left[(\frac{Nl}{T})^2+gh\right]$，$\therefore P=\frac{W}{T}=\frac{Nm}{T}\left[(\frac{Nl}{T})^2+gh\right]$。

［反思］ 解决功和能的问题，关键是能由谁供给的？如何供给的？该题中能是由皮带与传送带上摩擦力做功转化的。因而 $fs_2=2fs_1=2\times\frac{1}{2}mv^2$，即皮带摩擦力做的功成为货箱所获动能及发热能量，各为 $\frac{1}{2}mv^2$。

8. 如图 1-11 所示，水平传送带 AB 长 $l=8.3$ m，质量 $M=1$kg 的木块，随传送带一起以 $v_1=2$m/s 的速度向左匀速运动（传送带的传送速度恒定）。木块与传送带间的动摩擦因素 $\mu=0.5$。当木块运动至最左端 A 时，一颗质量 $m=20$ 克的子弹以 $v_0=300$m/s 水平向右的速度正对射入木块并穿出，穿出速度 $u=50$m/s，以后每隔 1s 就有一颗子弹射向木块，设子弹射穿木块的时间极短，且每次射入点各不相同，试求：

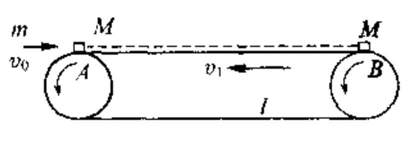

图 1-11

(1)在被第二颗子弹击中前，木块向右运动离 A 点的最大距离。

(2)木块在传送带上最多能被多少颗子弹击中？

(3)从第一颗子弹射中木块到木块最终离开传送带的过程中，子弹和木块以及传送带这一系统所产生的热能是多少？

[**分析与解**] 由牛顿第二定律 $F=ma=m\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=m\dfrac{v_t-v_0}{\Delta t}$，则 $F\Delta t=m\Delta v$。

(1)木块：$ft=M(v'_1-v_1)$，子弹：$ft=m(v_0-u)$，则 $Mv'_1-Mv_1=mv_0-mu$，

$Mv'_1+mu=mv_0+Mv_1$， $mv_0-Mv_1=mu+Mv'_1$。

则 $0.02\times300-1\times2=0.02\times50+1\times v'_1$，$\therefore v'_1=3\text{m/s}$(向右)。

$\because a=\mu g=0.5\times10=5\text{m/s}^2$，则 $x=\dfrac{v'^2_1}{2a}=\dfrac{3^2}{2\times5}=0.9\text{m}$，第二颗子弹击中前木块离左端最大距离为0.9m(木块向右离A点的最大距离为0.9m)，此时所需时间为 $t_1=\dfrac{v'_1}{a}=\dfrac{3}{5}=0.6\text{s}$，但由于此时$f$作为动力因而作加速运动，离第二颗时间为 $t_2=1-0.6=0.4\text{s}$，则 $v''_1=at_2=5\times0.4=2\text{m/s}$，此时木块与传送带相对静止，在0.4s内木块随传送带向左前进了 $s=(\dfrac{0+2}{2})\times0.4=0.4\text{m}$，因而在1秒内木块离$A$点的真正距离为0.5m。(即 $0.9-0.4=0.5\text{m}$)

所以得到木块被子弹击穿1秒内向右前进了0.5m。

(2)题意传送带AB长为8.3m，$\therefore 15\times0.5=7.5\text{m}$，而 $7.5+0.9=8.4\text{m}$，超过8.3m，则最终被16颗子弹击中。(不能用$\dfrac{8.3}{0.5}=16.6\Rightarrow$得到17颗)

(3)第一颗子弹击中木块，系统损失能量为 $Q_0=(\frac{1}{2}mv_0^2+\frac{1}{2}Mv_1^2)-(\frac{1}{2}mu^2+\frac{1}{2}Mv'^2_1)=\frac{1}{2}[(0.02\times300^2+1\times2^2)-(0.02\times50^2+1\times3^2)]=\frac{1}{2}(1804-59)=\frac{1}{2}\times1745=872.5\text{J}$(每颗子弹击中木板损失能量为 $Q_0=872.5\text{J}$)

木块向右减速位移为 $s_1=v_1t_1+x=2\times0.6+0.9=2.1\text{m}$。

($\because$皮带向左前进1.2m而木块向右前进0.9m)

则木块摩擦力所做的功 $W_f=\mu mgs_1=0.5\times1\times10\times2.1=10.5\text{J}=Q_1$。

木块向左加速位移为 $s_2=v_1t_2-s=2\times0.4-0.4=0.4\text{m}$。

($\because$皮带向左前进0.8m而木块向右前进0.4m)

则木块摩擦力所做功 $W'_f=\mu mgs_2=0.5\times1\times10\times0.4=2\text{J}=Q_2$。

因而在15颗子弹击穿木块时，由于向右和向左摩擦力对木块所做的功即产生的热量为 $15(Q_1+Q_2)=15(10.5+2)=187.5\text{J}$。

第16颗子弹射中最大位移为0.8m($\because$已离开传送带，$7.5+0.8=8.3\text{m}$)。

则 $0.8=v'_1t_3-\frac{1}{2}at_3^2=3t_3-\frac{1}{2}\times5\times t_3^2$，

$2.5t_3^2-3t+0.8=0$，$t_3=0.8\text{s}$ 和 $t'_3=0.4$。

$\because$当木块不离开传送带行0.9m只要0.6s，$\therefore t_3=0.4\text{s}$。

木块向右减速位移为 $s_3=v_1t_3+0.8=2\times0.4+0.8=1.6\text{m}$。

此时摩擦力对木块作功为 $W''_f=\mu mg\times1.6=0.5\times1\times10\times1.6=8\text{J}$。

因而整个系统消耗的热量为

$Q=16Q_0+15(Q_1+Q_2)+Q_3=16\times872.5+187.5+8=14155.5\text{J}=1.4\times10^4\text{J}$。

[**反思**] 该题关键是木块被子弹击穿后向右减速到零。但f仍然存在，此时作为动力使木块向右加速，恰好与皮带同速达到相对静止。

其次，摩擦力对木块所做的功由木块相对于皮带位移和皮带位移，即为相对运动。因而相减

均向左为(v_1t_2-s)；反向相加，木块向右，皮带向左为(v_1t_1+x)。

整个系统能量消耗为木块克服摩擦力做功和子弹穿出木块时所消耗的能量。

9. 如图 1-12(a)所示，一根竖直悬挂的不可伸长的轻绳，下端拴一小物体 A，上端固定在 C 点且与一能测量绳的拉力的测力传感器相连。现有一质量 m_0 的子弹 B 沿水平方向以速度 v_0 射入 A 内(未穿透)接着两者一起绕 C 点在竖直平面内做圆周运动，在各种阻力都忽略的条件下，测力传感器测得绳的拉力 F 随时间 t 的变化如图 1-12(b)所示。已知子弹射入物体 A 时间极短，在 $t=0$ 开始，A、B 以相同速度运动为起始时刻，根据力学规律和题中(包括图)提供的信息，对反映悬挂系统本身性质的物理量(例如 A 的质量、时间)及 A、B 一起运动过程中的守恒量，你能求得哪些定量的物理量。

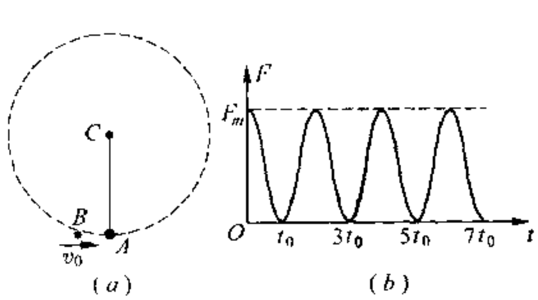

图 1-12

［分析］ 从题意及图 1-12(b)知 B 的质量 m_0，速度 v_0 和最大拉力 F_m 以及每转一周的时间周期 $T=2t_0$($\because F_m\to 0\to F_m$ 即由最低点到最高点再到最低点)。

由于最高点处拉力为零，则 A、B 在最高点的速度为临界速度 $v=\sqrt{gl}$，$\because (m_0+M)g=(m_0+M)\dfrac{v^2}{l}$。设最低点时共同速度为 u，可进一步求出 M、l、E。

$\because$ 最低点向心力为 $F_m-(m_0+M)g=(m_0+M)\dfrac{u^2}{l}$，

而从题意可知 $m_0v_0+0=(m_0+M)u$，　$\therefore u=\dfrac{m_0v_0}{(m_0+M)}$。

最高点拉力 $T=0$。　$\therefore (m_0+M)g=(m_0+M)\dfrac{v^2}{l}$。

［解］ 从图中可知 A、B 一起做圆周运动，其周期为 $T=2t_0$。

F_m 为 A、B 在最低点时绳的拉力，而在最高点 A、B 绳的拉力为零。从题意知

$Ft=m_0v_0-m_0u$，$Ft=Mu-0$，$\therefore m_0v_0-m_0u=Mu-0$，

$m_0v_0=(m_0+M)u$，则 $u=\dfrac{m_0v_0}{m_0+M}$。

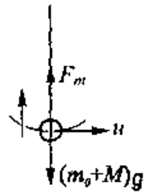

图 1-13

最低点向心力：$F_m-(m_0+M)g=(m_0+M)\dfrac{u^2}{l}$　　(1)

最高点向心力：$\because F=0$　$\therefore (m_0+M)g=(m_0+M)\dfrac{v^2}{l}$　　(2)

其中 $v=\sqrt{gl}$。从功能角度 A、B 由最高点到最低点之间关系为

$$\frac{1}{2}(m_0+M)v^2+(m_0+M)g2l=\frac{1}{2}(m_0+M)u^2 \quad (3)$$

$v^2+4gl=u^2=5gl$，　则 $u=\sqrt{5gl}$　代入(1)

$F_m-(m_0+M)g=(m_0+M)\dfrac{5gl}{l}=5(m_0+M)g$

则 $F_m=6(m_0+M)g$，　$\dfrac{F_m}{6g}=m_0+M$，　得 $M=\dfrac{F_m}{6g}-m_0$，即求得 A 质量。

$\because m_0v_0=(m_0+M)u$，　$(m_0v_0)^2=(m_0+M)^2u^2=(\frac{F_m}{6g})^2\times 5gl=\frac{5F_m^{\ 2}}{36g}l$，

则 $l=\frac{36(m_0v_0)^2}{5F_m^{\ 2}}g$。于是，可求得绳的摆长。整个过程的机械能 $E=\frac{1}{2}(m_0+M)u^2=\frac{1}{2}\frac{F_m}{6g}\times 5gl=\frac{5}{12}F_ml=\frac{5}{12}F_m\ \frac{36(m_0v_0)^2}{5F_m^{\ 2}}g=\frac{3(m_0v_0)^2}{F_m}g$，即求得作圆周运动时的机械能。

因而从传感器和题意中可求得 A 的质量 $M=\frac{F_m}{6g}-m_0$；摆长 $l=\frac{36(m_0v_0)^2}{5F_m^{\ 2}}g$；周期 $T=2t_0$；AB 一起运动过程中的机械能 $E=\frac{3(m_0v_0)^2}{F_m}g$。

［反思］　要学会能正确处理信息和应用信息的能力，从题意中会正确判断最高点时绳的拉力为零，则重力作为向心力，因而速度 $v=\sqrt{gl}$。其次能正确判断最高点、最低点所受的向心力——最低点：$F_m-(m_0+M)g=(m_0+M)\frac{u^2}{l}$；　最高点：$(m_0+M)g=(m_0+M)\frac{v^2}{l}$。

以及整个过程中能的转换　$\frac{1}{2}(m_0+M)u^2=(m_0+M)g2l+\frac{1}{2}(m_0+M)v^2$，

$u^2=v^2+2g2l$，　$(u=\frac{m_0}{m_0+M}v_0)$，最终能求得：T,M,l,E。

10. 一宇宙飞船在火星表面轨道作匀速圆周运动，其绕行周期是地球表面作匀速圆周运动绕行周期的 a 倍，宇航员进入火星表面做单摆实验时，测得该单摆周期是在地球表面单摆周期的 b 倍，则火星与地球的质量之比为多少？

［分析］　设环绕周期为 T，从题意知$\frac{T_{火}}{T_{地}}=a$，设单摆周期为 T'，从题意知$\frac{T'_{火}}{T_{地}}=b$，　求$\frac{M_{火}}{M_{地}}=?$

从题意知道环绕周期 T 和单摆周期 T'，求 M，则说明本题旨在探求 M 与 T 和 T'存在什么关系？从万有引力定律知：$GM\propto\frac{r^3}{T^2}$和 $GM\propto gr^2$，而单摆周期 $T'\propto\frac{1}{\sqrt{g}}$，　$\therefore g\propto\frac{1}{T'^2}$。

［解］　$\left.\begin{array}{l}\because GM\propto\frac{r^3}{T^2}\text{得}(GM)^2\propto(\frac{r^3}{T^2})^2\\ GM\propto gr^2\ \text{得}(GM)^3\propto(gr^2)^3\end{array}\right\}$　得$\frac{1}{M}\propto\frac{1}{g^3T^4}$，$M\propto g^3T^4$

因而 $M\propto\frac{T^4}{T'^6}$，则$\frac{M_{火}}{M_{地}}=(\frac{T_{火}}{T_{地}})^4(\frac{T'_{地}}{T'_{火}})^6=\frac{a^4}{b^6}$。所以火星与地球质量之比为$\frac{a^4}{b^6}$。

［反思］　从题意必须找出 M 与 T 和 T'的关系，千万不要代公式寻求，而采用"比"的办法，即对 $GM\propto\frac{r^3}{T^2}$，　$GM\propto gr^2$，　$g\propto\frac{1}{T'^2}$进行处理然后得到正确答案。

11. 一质点由 A 向 B 作直线运动，已知 A、B 相距 s，质点初速度为 v_0，加速度为 a，若将 s 等分成 n 段，试求：

(1)质点每通过$\frac{s}{n}$距离时，加速度均匀增加了$\frac{a}{n}$，则质点运动到 B 点时速度 v_B；

(2)质点每通过$\frac{s}{n}$距离时，加速度增加$\frac{a}{n}$，则质点运动到 B 点时，速度 v_B。

[分析] 从题意知，每通过$\frac{s}{n}$距离，加速度在 a 的基础上增加$\frac{a}{n}$即 $a+\frac{a}{n}$，又知(1)是加速度均匀增加；而(2)到通过$\frac{s}{n}$距离时才增加$\frac{a}{n}$。

由于(1)在整个过程加速度均匀增加，因而通过 s 距离后加速度增大为 $a+\frac{a}{n}\times n=2a$(通过 n 段$\frac{s}{n}$的距离，所以加速度增加$\frac{a}{n}\times n$)；

由于(2)是每通过$\frac{s}{n}$距离加速度才增加$\frac{a}{n}$，则通过第一段 $a_1=a$、通过第二段 $a_2=a+\frac{a}{n}$……通过第 n 段：$a_n=a+(n-1)\frac{a}{n}$。

[解] 由于(1)是整个过程匀加加速运动，因而取加速度的平均值：

$\bar{a}=\frac{a_0+a_t}{2}=\frac{a+2a}{2}=\frac{3}{2}a$，即 $v_B^2=v_0^2+2\bar{a}s=v_0^2+3as$，$\therefore v_B=\sqrt{v_0^2+3as}$。

由于(2)每段是作匀加速直线运动，因而通过每段$\frac{s}{n}$时的末速度：$v_{B_1}^2=v_0^2+2a\frac{s}{n}$；

$v_{B_2}^2=v_{B_1}^2+2(a+\frac{a}{n})\frac{s}{n}=v_0^2+2(2a\frac{s}{n})+2\frac{as}{n^2}$；

$v_{B_3}^2=v_0^2+2(2a\frac{s}{n})+2\frac{as}{n^2}+2(a+2\frac{a}{n})\frac{s}{n}=v_0^2+3(2a\frac{s}{n})+6\frac{as}{n^2}$；

$v_{B_4}^2=v_0^2+3(2a\frac{s}{n})+6\frac{as}{n^2}+2(a+3\frac{a}{n})\frac{s}{n}=v_0^2+4(2a\frac{s}{n})+12\frac{as}{n^2}$；

$v_{B_n}^2=v_0^2+n(2a\frac{s}{n})+n(n-1)\frac{as}{n^2}$；

$\quad=v_0^2+2as+as-\frac{as}{n}=v_0^2+3as-\frac{as}{n}=v_0^2+(\frac{3n-1}{n})as$。

$\therefore v_B=\sqrt{v_0^2+(\frac{3n-1}{n})as}$。

[反思] 由于两种运动情况不同：(1)加速度是均匀增加是作匀加速运动；而(2)是每通过$\frac{s}{n}$在原有基础上再增加$\frac{a}{n}$，即 $a+\frac{a}{n}$，$a+2\frac{a}{n}$，…而且每段是作加速度不变的匀加速直线运动。因而结果是不同的。整个过程均匀增加，则利用平均加速度来解决更为方便，即 $\bar{a}=\frac{a+2a}{2}=\frac{3a}{2}$，每段以不同加速度作匀加速直线运动，则只能用归纳法。求解时，只要做到 $n=3$ 或 4，不要每段都做。

$$\text{由于}\left.\begin{aligned}v_{B_2}&=v_0^2+2(2a\frac{s}{n})+2(\frac{as}{n^2})\\v_{B_3}&=v_0^2+3(2a\frac{s}{n})+6(\frac{as}{n^2})\\v_{B_4}&=v_0^2+4(2a\frac{s}{n})+12(\frac{as}{n^2})\end{aligned}\right\}$$

则由此得到 n、$n(n-1)$的通项

(2，2×1，　3，3×2＝6，　4，4×3＝12)

12. 物体由静止开始作匀加速直线运动，已知头 3 秒内的位移为 s，最后 3 秒内的位移为2.5s，那么整个过程所需的时间和通过的位移各为多少？

［分析］　物体作初速为零的匀加速直线运动，则 $v_0=0$。又知头 3 秒位移为 s，最后 3 秒内位移为 $2.5s$。求出整个位移和所需时间。

若最后 3 秒内的位移为 $3s$，则初速为零的运动，那么整个运动时间为 6 秒。而题意最后 3 秒内的位移为 $2.5s$，说明总时间少于 6 秒，因而时间有重叠。如图 1-14 所示。

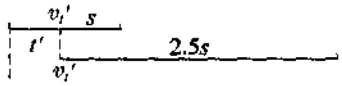

图 1-14

v'_t 是第一段经过 t' 时间后的速度，恰好是第二段位移的初速度。即 $2.5s=v'_t\times3+\frac{1}{2}a\times3^2=at'\times3+\frac{1}{2}a\times9$。

须求出 a，第一段 $s=\frac{1}{2}a\times3^2\Rightarrow\therefore a=\frac{s}{4.5}$，

因此 $2.5s=3\times\frac{s}{4.5}t'+\frac{1}{2}\frac{9}{4.5}s$，　$1.5=\frac{3}{4.5}t'$，　$t'=2.25$ 秒。

因而重叠时间为 $3-2.25=0.75$ 秒，则整个时间为 $2.25+3=5.25$ 秒。

那么总位移 $l=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}\times\frac{s}{4.5}\times(5.25)^2=3.0625s$。

［解］　$\because$ 我们知道在初速为零的匀变速直线运动中第 n 段位移 $s'_n=(2n-1)s'_1$（s'_1 为第一段位移，s'_n 为第 n 段位移），设 3 秒为一个单位。

则 $2.5s=(2n-1)s$，　$2n=3.5$，　$n=\frac{3.5}{2}$ 单位，得到 $t=\frac{3.5}{2}\times3=5.25$ 秒（即为总时间）。

总位移 $l=\frac{1}{2}\times\frac{s}{4.5}\times(5.25)^2=3.0625s$。

［反思］　同一个问题从不同的角度去思考可以更简便地得到正确的结果，可避免繁琐的计算。所以选择解决问题的"方法"是关键，不要盲目代公式解题。

13. 天文观测表明，几乎所有远处的恒星（或星系）都在以各自的速度背离我们而运动，离我们越远的星体，背离我们运动的速度（称为退行速度）越大。也就是说，宇宙在膨胀，不同星体的退行速度 v 和它们离我们的距离 r 成正比，即 $v=Hr$。式中 H 为哈勃常数，上式 $v=Hr$ 又称为哈勃定律，已由天文观察测定。为解释上述现象，有人提出一种理论，认为宇宙是从一个大爆炸的火球开始形成的，假设大爆炸后各星体即以不同的速度向外匀速运动，并设想我们就位于其中心，则速度越大的星体现在离我们越远。这一结果与上述天文观察一致。

由上述理论和天文观察结果，可估算宇宙年龄 T，其计算式为 $T=$__________。根据近期观察，哈勃常数 $H=3\times10^{-2}$ 米/秒·光年，其中光年是光在一年中进行的距离，由此估算宇宙的年龄 T 约为__________年。

［分析］　从题意得知星体退行速度 v 和它通过的距离成正比，即 $v\propto r$，又知 $v=Hr$，比例系数 H 称为哈勃常数。

由于星体向外是作匀速运动，因而 $r=vt$，t 为离我们距离 r 时所需时间。于是由哈勃定律知道 $v=Hr=Hvt$，所以 $t=\frac{1}{H}$，这个时间可看成是宇宙年龄 T。

［解］　由于宇宙年龄为 $t=T=\frac{1}{H}$　而 $H=3\times10^{-2}$ 米/秒·光年。

由于光年是距离的单位　所以 1 光年 $=ct=(3\times10^8$ 米/秒$)\times$年，

则 $H=\frac{3\times10^{-2}\text{米/秒}}{3\times10^8\text{米/秒}\times\text{年}}=10^{-10}$（年）；所以 $T=\frac{1}{H}=\frac{1}{10^{-10}\text{年}^{-1}}=10^{10}$ 年。