第一章　运动的描述

1　质点　参考系

★教材 P14【练习与应用】

1. 【解析】乒乓球：①研究乒乓球的运动轨迹时，可以把它看成质点；②研究被球拍击出的乒乓球的旋转时，不能将它看成质点. 战斗机：①研究人员研究战斗机的飞行速度时，可以把它看成质点；②研究人员观察战斗机飞行姿态、测各项技术参数时，不能将它看成质点.

2. 【解析】“一江春水向东流”是说水相对地面（岸）在运动，“地球的公转”是说地球相对太阳在运动，“钟表的时针在转动”是说时针相对钟表表盘在运动，“太阳东升西落”是太阳相对地面在运动.

3. 略

2　时间　位移

★教材 P19【练习与应用】

1. 【解析】（1）“8 时 42 分”指时刻，“8 分”指时间间隔.

（2）“早”指时刻，“这么久”指时间间隔.

（3）“前 3 s”“最后 3 s”“第 3 s 内”均指时间间隔，“第 3 s 末”指时刻.

2. 【解析】“千米”指的是路程，汽车行驶的路线一般不是直线.

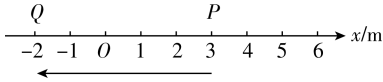
3. （1）100 m　100 m　（2）相同　不同

【解析】（1）路程是 100 m，位移大小也是 100 m.

（2）路程相同都是 800 m，因为各跑道上的运动员起点不同，但终点相同，故跑完全程的位移不相同.

4. 5 m　方向由 P 指向 Q

【解析】由题意可知坐标的变化量 $\Delta x = x_Q - x_P = -5$ m，



位移大小等于位置坐标变化量的绝对值，所以位移的大小是 5 m，方向由 P 指向 Q.

5. 【解析】（1）30 m.（2）10～20 s 没有行驶.（3）0～10 s 驶离出发点；20～40 s 驶向出发点.

6. 【解析】如表所示.

坐标原点	抛出点的坐标	最高点的坐标	落地点的坐标	从抛出点到最高点的位移	从最高点到落地点的位移	从抛出点到落地点的位移
地面	3 m	8 m	0	5 m	−8 m	−3 m
抛出点	0	5 m	−3 m	5 m	−8 m	−3 m

3　位置变化快慢的描述——速度

★教材 P26【练习与应用】

1.【解析】(1)纸带左端与重物相连.

(2)测量出 A 点左右相邻两点间的距离 Δx,且 $\Delta t = 0.02 \times 2$ s,因为 Δt 很短,所以 $v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ 即可表示 A 点的瞬时速度.

2.【解析】(1)甲物体有一定的初速度,乙物体从静止开始运动.

(2)甲物体速度大小不变,乙物体先加速运动,再匀速运动,最后减速运动.

(3)甲、乙两物体的运动方向都不改变.

3. (1)见解析　(2)2 m/s

【解析】(1)前 1 s 平均速度 $v_1 = 9$ m/s;前 2 s 平均速度 $v_2 = 8$ m/s;前 3 s 平均速度 $v_3 = 7$ m/s;前 4 s 平均速度 $v_4 = 6$ m/s;全程平均速度 $v_5 = 5$ m/s;前 1 s 的平均速度最接近汽车刚制动时的瞬时速度,由于减速,所以略小于刚制动时的瞬时速度.

(2)汽车最后 2 s 的平均速度 $\bar{v} = \dfrac{3\ \text{m} + 1\ \text{m}}{2\ \text{s}} = 2$ m/s.

4　速度变化快慢的描述——加速度

★教材 P31【练习与应用】

1. 2.46 m/s²　2.11 m/s²　1.79 m/s²

【解析】100 km/h ≈ 27.8 m/s,测试时三车加速度大小分别为 $a_A = \dfrac{27.8}{11.3}\ \text{m/s}^2 \approx 2.46\ \text{m/s}^2$,$a_B = \dfrac{27.8}{13.2}\ \text{m/s}^2 \approx 2.11\ \text{m/s}^2$,$a_C = \dfrac{27.8}{15.5}\ \text{m/s}^2 \approx 1.79\ \text{m/s}^2$.

2.【解析】A. 汽车做匀速直线运动时加速度等于 0,速度不等于 0;B. 列车从启动至达到最大速度 50 m/s,速度变化量较大,但加速时间较长,如经过 2 min,则加速度约为 0.42 m/s²,比汽车启动时的加速度要小;C. 向西行驶的汽车减速时加速度方向向东;D. 汽车从启动加速至达到最大速度的过程中,若汽车做加速度减小的加速运动,则后一阶段加速度比前一阶段小,但速度却比前一阶段大.

3. (1)A 过程　A、D、B、C　(2)D 过程　D、B、C、A　(3)B 过程　B、D、C、A

【解析】(1)先统一单位,D 过程中动车的速度 $v_0 = 72$ km/h = 20 m/s,$v_t = 144$ km/h = 40 m/s,由分析可知 A 过程中超音速飞机速度最大,这四个过程速度由大到小的顺序为 A、D、B、C.

(2)A、B、C、D 四个过程速度变化量分别为 $\Delta v_1 = 0$,$\Delta v_2 = 12\ \text{m/s} - 3\ \text{m/s} = 9$ m/s,$\Delta v_3 = 0.002\ \text{m/s} - 0 = 0.002$ m/s,$\Delta v_4 = 40\ \text{m/s} - 20\ \text{m/s} = 20$ m/s,则 D 过程中速度变化量最大,速度变化量由大到小的顺序为 D、B、C、A.

(3)A、B、C、D 四个过程的加速度分别为 $a_1=\frac{\Delta v_1}{t_1}=0$，$a_2=\frac{\Delta v_2}{t_2}=\frac{9}{3}\ \mathrm{m/s^2}=3\ \mathrm{m/s^2}$，$a_3=\frac{\Delta v_3}{t_3}=\frac{0.002}{0.2}\ \mathrm{m/s^2}=0.01\ \mathrm{m/s^2}$，$a_4=\frac{\Delta v_4}{t_4}=\frac{20}{100}\ \mathrm{m/s^2}=0.2\ \mathrm{m/s^2}$，则 B 过程加速度最大，加速度由大到小的顺序为 B、D、C、A.

4. $0.167\ \mathrm{m/s^2}$　向西

【解析】取物体运动方向为正方向，则 $v_0=20\ \mathrm{m/s}$，$v_t=0$，$t=120\ \mathrm{s}$，则加速度 $a=\frac{v_t-v_0}{t}=\frac{0-20}{120}\ \mathrm{m/s^2}=-\frac{1}{6}\ \mathrm{m/s^2}\approx-0.167\ \mathrm{m/s^2}$，加速度大小是 $0.167\ \mathrm{m/s^2}$，方向与运动方向相反，向西.

5. 【解析】图线 a 的斜率绝对值最大，则 A 物体加速度大小最大.

$a_A=\frac{2.5}{6-2}\ \mathrm{m/s^2}=0.625\ \mathrm{m/s^2}$，$a_B=\frac{2.5-2}{6-0}\ \mathrm{m/s^2}\approx0.083\ \mathrm{m/s^2}$，$a_C=\frac{0-2}{8-0}\ \mathrm{m/s^2}=-0.25\ \mathrm{m/s^2}$，$A$ 的加速度最大，a_A、a_B 与正方向相同，a_C 与正方向相反.

复习与提高

★教材 P33

A 组

1. (1)不能　(2)能　(3)不能　(4)不能

【解析】(1)观察蚂蚁肢体的分工，蚂蚁的大小和形状不能忽略，不能看成质点.

(2)测算蚂蚁爬行的路程时，由于路程比蚂蚁大小要大得多，故蚂蚁的大小和形状可以忽略，可以看成质点.

(3)跳水比赛中裁判员要观察研究运动员的技术动作，运动员的形状和大小不能忽略，故运动员不能看成质点.

(4)教练要观察运动员的动作，不能忽略运动员的大小和形状，故不能看成质点.

2. 静止　自己

【解析】若运动员以对面运动员为参考系，则他自己是静止的；若他看到大地迎面而来，则他是以自己为参考系的.

3. 【解析】问：这车什么时候开？(时刻)

答：过一会儿就要开了.(时间间隔)

问：我离开一下，10 min 就赶回来，行不？(时间间隔)

答：你不能晚过车票上的开车时间.(时刻)

4. 【解析】同学甲的说法不正确. 位移是表示初末位置变化的有向线段，路程表示路径长度，只有在单向直线运动中，物体的位移大小才等于其路程.

同学乙的说法不正确. 位移和路程都既可以描述直线运动也可以描述曲线运动.

同学丙的说法是正确的.

同学丁的说法不正确. 位移是代表初末位置变化的有向线

段，路程表示路径长度. 位移与路程没有必然联系，位移为零，路程可以不是零. 位移是矢量，路程是标量，所以位移和路程是不一样的.

5. 40 km/h

【解析】设总位移为 $2L$，则在前一半位移内 $L=v_1t_1$，在后一半位移内 $L=v_2t_2$，则汽车运动的总时间是 $t=t_1+t_2=\frac{L}{v_1}+\frac{L}{v_2}$，则汽车在全程的平均速度是 $\bar{v}=\frac{2L}{t}=\frac{2L}{\frac{L}{v_1}+\frac{L}{v_2}}=\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}=40$ km/h.

6. 35 m/s^2，方向与撞击边框前的速度方向相反

【解析】取球的初速度方向为正方向，则有 $v_0=1.5$ m/s，$v_t=-1.3$ m/s，$\Delta t=0.08$ s，$a=\frac{v_t-v_0}{\Delta t}=\frac{-1.3-1.5}{0.08}$ $m/s^2=-35$ m/s^2，负号表示加速度方向与初速度方向相反.

7. 【解析】(1)有，飞机的速度很大，但加速度是 0.

(2)有，自行车的速度变化量 $\Delta v=4$ m/s，加速度 $a=2$ m/s^2；火车的速度变化量 $\Delta v=20$ m/s，加速度 $a=0.2$ m/s^2；火车的速度变化量很大，但加速度小.

B 组

1. (1)不是　(2)匀速直线运动　(3)2 次　(4)乌龟

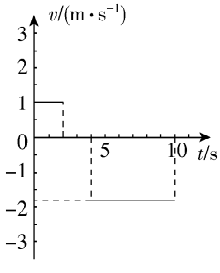
【解析】(1)从图像看出，乌龟和兔子开始运动时 $x=0$，是在同一地点出发的，但乌龟先出发，兔子后出发.

(2)在 $x-t$ 图像中，乌龟运动的 $x-t$ 图线的斜率是不变的，说明乌龟的运动速度不变，做匀速直线运动.

(3)乌龟和兔子是从同一地点出发的，当位移再次相同时，两者相遇，从图像看出，在 t_2 和 t_4 两时刻，两者位移相等，说明两者在比赛途中相遇 2 次.

(4)从图像看出，在 t_6 时刻，乌龟已经通过预定位移到达终点，而兔子还没有，说明乌龟先通过预定位移到达终点.

2. $v-t$ 图像如图所示，描述略.



3. 【解析】(1)物体在第 1 s 内向东运动，第 2 s 内向东运动，第 3 s 内向西运动. 0~1 s 内，速度从零开始均匀增加，1~2 s 内速度均匀减小到零，2~3 s 内，速度大小从零开始均匀增加.

(2)第 1 s 内，$a_1=\frac{1}{1}$ $m/s^2=1$ m/s^2，方向向东；第 2 s 内，$a_2=\frac{0-1}{1}$ $m/s^2=-1$ m/s^2，负号表示方向向西；第 3 s 内，$a_3=$

$\frac{-1-0}{1}\ \mathrm{m/s^2}=-1\ \mathrm{m/s^2}$，负号表示方向向西.

4. 0.12 $\mathrm{m/s^2}$，方向水平向左

【解析】遮光条通过第一个光电门的速度 $v_1=\frac{d}{\Delta t_1}=\frac{2.0\times10^{-2}}{0.20}\ \mathrm{m/s}=0.1\ \mathrm{m/s}$，遮光条通过第二个光电门的速度 $v_2=\frac{d}{\Delta t_2}=\frac{2.0\times10^{-2}}{0.05}\ \mathrm{m/s}=0.4\ \mathrm{m/s}$，故滑块的加速度大小 $a=\frac{\Delta v}{t}=\frac{0.3}{2.5}\ \mathrm{m/s^2}=0.12\ \mathrm{m/s^2}$，方向水平向左.

5. 略.

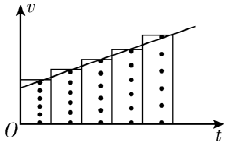
第二章　匀变速直线运动的研究

1　实验:探究小车速度随时间变化的规律

★教材 P38【练习与应用】

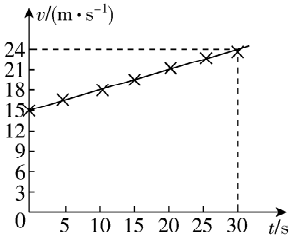
1.【解析】(1)如图所示.

(2)有道理. 剪下的纸条的长度表示0.1 s时间内小车运动的位移的大小,可近似认为速度 $v=\frac{\Delta x}{0.1\ \text{s}}$,$v\propto\Delta x$,纸条长度可认为表示平均速度.



2. (1)15　16.39　18.06　19.44　21.11　22.5　23.89

(2)如图所示.



2　匀变速直线运动的速度与时间的关系

★教材 P41【练习与应用】

1. 25 s

【解析】初速度 $v_0=36\ \text{km/h}=10\ \text{m/s}$,加速度 $a=0.2\ \text{m/s}^2$,末速度 $v=54\ \text{km/h}=15\ \text{m/s}$. 根据 $v=v_0+at$ 得 $t=\frac{v-v_0}{a}=\frac{15-10}{0.2}\ \text{s}=25\ \text{s}$.

2. 8 m/s,沿列车前进方向

【解析】初速度 $v_0=72\ \text{km/h}=20\ \text{m/s}$,加速度 $a=-0.1\ \text{m/s}^2$,时间 $t=2\ \text{min}=120\ \text{s}$,根据 $v=v_0+at$,得 $v=8\ \text{m/s}$,方向与减速前相同.

3. 3.6 m/s,方向向下

【解析】由题意可知,嫦娥三号探测器做初速度为零的匀加速直线运动,到达月面时的速度 $v=at=1.6\times2.25\ \text{m/s}=3.6\ \text{m/s}$,方向向下.

4.【解析】(1)4 s末速度最大为2 m/s,7 s末速度最小为1 m/s.

(2)这三个时刻的速度均为正值,速度方向相同.

(3)4 s末加速度最小为零,7 s末加速度最大为1 m/s^2.

(4)1 s末加速度为正值,7 s末加速度为负值,加速度方向相反.

3　匀变速直线运动的位移与时间的关系

★教材 P46【练习与应用】

1. 390 m　16 m/s,方向沿下坡方向

【解析】初速度 $v_0=36\ \text{km/h}=10\ \text{m/s}$,加速度 $a=0.2\ \text{m/s}^2$,时间 $t=30\ \text{s}$,根据 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$,得 $x=10\times30\ \text{m}+\frac{1}{2}\times0.2\times30^2\ \text{m}=390\ \text{m}$,根据 $v=v_0+at$,得 $v=10\ \text{m/s}+0.2\times30\ \text{m/s}=16\ \text{m/s}$.

2. 4 m/s^2,方向与初速度方向相反　40.5 m,方向与汽车前进方

向相同

【解析】汽车的初速度 $v_0=18\ \text{m/s}$，时间 $t=3\ \text{s}$，位移 $x=36\ \text{m}$. 根据 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$，得 $a=\frac{2\times(x-v_0t)}{t^2}=-4\ \text{m/s}^2$，负号表示加速度方向与初速度方向相反. 汽车从减速到停止需要的时间为 $t'=\frac{0-v_0}{a}=\frac{-18}{-4}\ \text{s}=4.5\ \text{s}<5\ \text{s}$，所以汽车制动后 5 s 内的位移与 4.5 s 内的位移相同，即为汽车减速到停止的位移. 由公式 $v^2-v_0^2=2ax$ 得 $x=\frac{-v_0^2}{2a}=\frac{-18^2}{2\times(-4)}\ \text{m}=40.5\ \text{m}$.

3. 【解析】已知两物体的初速度均为零，设两物体的运动时间均为 t. 由运动学公式得 $\frac{1}{2}a_1t^2=x_1$，$\frac{1}{2}a_2t^2=x_2$，则 $\frac{x_1}{x_2}=\frac{\frac{1}{2}a_1t^2}{\frac{1}{2}a_2t^2}=\frac{a_1}{a_2}$. 由此可知初速度为零时，两物体的位移之比等于它们的加速度之比.

4. 54.44 m/s

【解析】第一阶段飞机做初速度为零的匀加速直线运动，第一阶段加速结束时的速度为 v，根据运动学公式有 $v^2=2a_1x_1$，第二阶段加速结束时的速度为 v_t，根据运动学公式有 $v_t^2-v^2=2a_2x_2$，解得 $v_t=54.44\ \text{m/s}$.

5. 41.7 m/s^2，方向与初速度方向相反（向上）

【解析】初速度 $v_0=10\ \text{m/s}$，位移 $x=1.2\ \text{m}$，末速度 $v=0$. 根据 $v^2-v_0^2=2ax$，得 $a=\frac{v^2-v_0^2}{2x}=-41.7\ \text{m/s}^2$，负号表示加速度方向向上，与飞船降落方向相反.

6. 15 m/s，方向沿汽车前进方向

【解析】取汽车的初速度方向为正方向，加速度 $a=-5\ \text{m/s}^2$，设汽车刚开始刹车时的速度为 v_0，由 $v^2-v_0^2=2ax$，得 $v_0=\sqrt{2\times5.0\times22.5}\ \text{m/s}=15\ \text{m/s}$.

4 自由落体运动

★教材 P53【练习与应用】

1. 【解析】把纸片揉成团以前，橡皮下落得快；而把纸片揉成小纸团以后，两者几乎同时落地. 造成这种现象的原因是纸片揉成团之前受到的空气阻力大，导致下落加速度小.

2. 0.237 s

【解析】设拍这两张照片时运动员下落的时间分别是 t_1 和 t_2，由 $H-h_1=\frac{1}{2}gt_1^2$，得 $t_1=\sqrt{\frac{2(H-h_1)}{g}}=\sqrt{\frac{2\times(5-3.4)}{9.8}}\ \text{s}=\frac{4}{7}\ \text{s}$，由 $H-h_2=\frac{1}{2}gt_2^2$，得 $t_2=\sqrt{\frac{2(H-h_2)}{g}}=\sqrt{\frac{2\times(5-1.8)}{9.8}}\ \text{s}=\frac{4\sqrt{2}}{7}\ \text{s}$，则手机连拍的时间间隔为 $\Delta t=t_2-t_1\approx0.237\ \text{s}$.

3. 30.625 m　偏大

【解析】设井口到水面的距离为 x，石块下落过程为自由落体运

动,设石块落到水面的时间为 t,则有 $x=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}\times 9.8\times 2.5^2$ m=30.625 m. 由于声音传播需要一定的时间,所以石块自由下落到水面的时间 $t'<2.5$ s,可知估算的结果比实际值偏大.

4. 略

5. 【解析】**方法 1**:先利用 $v=\frac{x}{t}$ 计算出各时刻的速度 v,再利用 $g=\frac{v-v_0}{t}$ 或 $v^2-v_0^2=2gx$ 求解.

方法 2:利用 $\Delta x=gt^2$ 求解.

方法 3:先利用 $v=\frac{x}{t}$ 计算各时刻的速度 v,再利用 $v-t$ 图像求解.

6. 【解析】由 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 得 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$,则 10 cm 刻度处对应的时间刻度约为 0.143 s,20 cm 刻度处对应的时间刻度约为 0.202 s,30 cm 刻度处对应的时间刻度约为 0.247 s.

复习与提高

★教材 P54

A 组

1. 不能

【解析】设自行车的运动方向为正方向,则 $v_0=4$ m/s,$a=-0.2$ m/s^2,自行车减速为零时通过的位移为 x,由公式 $v^2-v_0^2=2ax$,得 $x=40$ m>30 m,所以自行车不能仅靠滑行停在停车线前.

2. 20 m

【解析】以初速度方向为正方向,则 $v_0=5$ m/s,$a=-0.4$ m/s^2,由 $v=v_0+at$,得自行车若减速为零所需的时间为 $t=12.5$ s,经过 5 s 速度还是沿斜坡向上. 由公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$,得 $x=20$ m.

3. (1)45 m　(2)10 m/s　(3)25 m

【解析】(1)由 $v_t^2=2gh$,得 $h=45$ m.

(2)设第 2 s 末的速度为 v_2,由 $v_2=gt_2$,得 $v_2=20$ m/s,则前 2 s 内的平均速度为 $\bar{v}=\frac{v_2}{2}=10$ m/s.

(3)由公式 $v_t=gt$,得钢球下落的总时间是 $t=3$ s,前 2 s 内下落的高度是 $h_2=\frac{1}{2}gt_2^2=20$ m,最后 1 s 内下落的高度是 $\Delta h=h-h_2=25$ m.

4. 【解析】(1)

位置	A	B	C	D	E
v/(m·s^{-1})	0.605	0.810	0.996	1.176	1.390

由题意可知相邻两计数点的时间间隔是 0.1 s,中间时刻的瞬时速度等于这段时间的平均速度,$v_{\frac{t}{2}}=\bar{v}=\frac{x_n+x_{n+1}}{\Delta t}$,$v_A=\frac{5.00+7.10}{0.2}\times 10^{-2}$ m/s=0.605 m/s,$v_B=\frac{7.10+9.10}{0.2}\times 10^{-2}$ m/s=0.810 m/s,$v_C=\frac{9.10+10.81}{0.2}\times 10^{-2}$ m/s=0.995 5 m/s,$v_D=$

$\frac{10.81+12.70}{0.2}\times10^{-2}$ m/s = 1.175 5 m/s，$v_E=\frac{12.70+15.10}{0.2}\times10^{-2}$ m/s = 1.390 m/s.

(2)图略. 小车做匀变速直线运动，由逐差法得

$a=\frac{(x_6+x_5+x_4)-(x_3+x_2+x_1)}{9T^2}\approx1.93$ m/s².

5. (1)55 m/s　(2)416.25 m　(3)37.67 s

【解析】(1)以竖直向下为正方向，设打开降落伞时速度为 v_1，落地时速度为 $v_2=5$ m/s，$a=-12$ m/s²，运动员打开降落伞后做匀减速运动，有 $v_2^2-v_1^2=2ax_2$，$x_2=265\text{ m}-5\times28\text{ m}=125$ m，得 $v_1=55$ m/s.

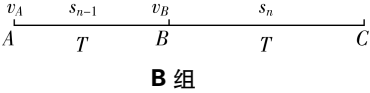
(2)由 $v_1^2=2gx_1$ 得运动员自由下落的距离为 $x_1=\frac{v_1^2}{2g}=151.25$ m，运动员离开飞机时距地面的高度为 $x=x_1+265\text{ m}=416.25$ m.

(3)设运动员做自由落体运动的时间为 t_1，有 $v_1=gt_1$，解得 $t_1=5.5$ s，打开伞后匀减速运动的时间 $t_2=\frac{v_2-v_1}{a}\approx4.17$ s，离开飞机后运动的时间 $t=t_1+t_2+28\text{ s}=37.67$ s.

6. **【解析】**(1)由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 得 $x_1:x_2:x_3:\cdots=1^2:2^2:3^2:\cdots=1:4:9:\cdots$.

(2)第 1 s 内的位移等于前 1 s 内的位移，即 $x_{\text{Ⅰ}}=x_1=\frac{1}{2}a\cdot(1\text{ s})^2$，第 2 s 内的位移等于前 2 s 内的位移与前 1 s 内的位移之差，即 $x_{\text{Ⅱ}}=x_2-x_1=\frac{1}{2}a\cdot(2\text{ s})^2-\frac{1}{2}a\cdot(1\text{ s})^2=\frac{1}{2}a\cdot(3\text{ s}^2)$，第 3 s 内的位移等于前 3 s 内的位移与前 2 s 内的位移之差，即 $x_{\text{Ⅲ}}=x_3-x_2=\frac{1}{2}a\cdot(3\text{ s})^2-\frac{1}{2}a\cdot(2\text{ s})^2=\frac{1}{2}a\cdot(5\text{ s}^2)$，依次类推，得 $x_{\text{Ⅰ}}:x_{\text{Ⅱ}}:x_{\text{Ⅲ}}:\cdots=1:3:5:\cdots$.

(3)设 AB、BC 是连续相等时间 T 内的位移，设 $\overline{AB}=s_{n-1}$，$\overline{BC}=s_n(n=2,3,4,\cdots)$，则有 $s_{n-1}=v_AT+\frac{1}{2}aT^2$，$s_n=v_BT+\frac{1}{2}aT^2$，故 $\Delta s=s_n-s_{n-1}=v_BT-v_AT$，又 $v_B=v_A+aT$，故 $\Delta s=aT^2$.



B 组

1. 图略

【解析】初速度 $v_0=36$ km/h = 10 m/s，加速度 $a_1=0.5$ m/s²，时间 $t_1=10$ s. 10 s 后的速度为 $v=v_0+a_1t_1=(10+0.5\times10)$ m/s = 15 m/s. 汽车刹车时加速度大小为 $a_2=-3$ m/s²，汽车从刹车到速度为零所用的时间为 t_2，$t_2=\frac{0-v}{a_2}=5$ s，$t_1+t_2=15\text{ s}<18\text{ s}$，所以 18 s 时汽车已经刹车完毕，在 15~18 s 时间内汽车速度为零.

2. 24 m/s

【解析】汽车刹车前的速度 $v_0=108$ km/h = 30 m/s，安全距离 $s=120$ m，反应时间 $t_0=1$ s，设路面干燥刹车时汽车的加速度大小为 a_0，由运动学公式得 $s=v_0t_0+\frac{v_0^2}{2a_0}$，代入数据解得 $a_0=$

5 m/s^2，设在雨天行驶时，汽车刹车时的加速度大小为 a，安全行驶的最大速度为 v，由题意可知 $a=\frac{3}{5}a_0=3\ \text{m/s}^2$，由运动学公式得 $s=vt_0+\frac{v^2}{2a}$，代入数据解得 $v=24\ \text{m/s}$.

3. 26 s　26 m/s　98 m

【解析】大客车速度为 $v_1=12\ \text{m/s}$，小汽车的加速度为 $a=1\ \text{m/s}^2$，开始两车相距 $\Delta x=26\ \text{m}$，设经过时间 t 小汽车追上大客车，则 $x_{汽}=x_{客}+\Delta x$，$x_{汽}=\frac{1}{2}at^2$，$x_{客}=v_1t$，得 $t=26\ \text{s}$，追上大客车时小汽车的速度为 $v_2=at=26\ \text{m/s}$. 追上大客车前，两车速度相等时两车相距最远，$\Delta x_m=\Delta x+x_{客}'-x_{汽}'$，设经过时间 t' 两车速度相等，则 $t'=\frac{v_1}{a}=12\ \text{s}$，$x_{汽}'=\frac{1}{2}at'^2$，$x_{客}'=v_1t'$，解得 $\Delta x_m=98\ \text{m}$.

4. (1)0.2 m　(2)20 m/s　(3)20 m

【解析】(1)设曝光时间内石子的位移为 x，由题意中比例关系有 $\frac{4\ \text{cm}}{100\ \text{cm}}=\frac{0.8\ \text{cm}}{x}$，解得 $x=20\ \text{cm}=0.2\ \text{m}$. (2)(3)石子在曝光时间内的平均速度 $\bar{v}=\frac{x}{\Delta t}=\frac{0.2}{0.01}\ \text{m/s}=20\ \text{m/s}$，此速度等于曝光时间内中间时刻的瞬时速度，即 $\bar{v}=v=gt$，下落时间 $t=2\ \text{s}\gg\Delta t$，可近似将此速度看成是石子到曝光起点时的瞬时速度，根据 $v^2=2gh$ 得 $h=20\ \text{m}$. 石子大约是从距窗户 20 米高处落下的.

5. (1)$t-t\sqrt{\frac{19}{20}}$　(2)$\frac{t}{2}$　(3)$\frac{\sqrt{30}-5}{10}t$

【解析】子弹匀减速至速度为零的直线运动看成是反方向的由静止开始的匀加速直线运动，每块木板的厚度设为 d，

根据 $x=\frac{1}{2}at^2$，得 $20d=\frac{1}{2}at^2$，$\frac{d}{a}=\frac{t^2}{40}$，

(1)穿过第 1 块木板后，有 $19d=\frac{1}{2}at_{19}^2$，得 $t_{19}=\sqrt{\frac{19}{20}}t$，故子弹穿过第 1 块木板所用的时间为 $t-\sqrt{\frac{19}{20}}t$.

(2)穿过前 15 块木板，有 $5d=\frac{1}{2}at_5^2$，得 $t_5=\frac{t}{2}$，故子弹穿过前 15 块木板所用的时间为 $t_{15}=t-\frac{t}{2}=\frac{t}{2}$.

(3)穿过第 15 块木板前，有 $6d=\frac{1}{2}at_6^2$，得 $t_6=\sqrt{\frac{3}{10}}t$，穿过第 15 块木板的时间 $\Delta t=t_6-t_5=\frac{\sqrt{30}-5}{10}t$.

6. (1)225 m　50 s　(2)22 s　27 s

【解析】(1)汽车通过人工收费通道总用时为 $t_{人工}=\frac{2v_1}{a}+t_{停}=\frac{2\times15}{1}\ \text{s}+20\ \text{s}=50\ \text{s}$，总位移为 $s_{人工}=2\times\frac{v_1^2}{2a}=2\times\frac{15^2}{2\times1}\ \text{m}=225\ \text{m}$.

(2)通过 ETC 通道时汽车做匀减速运动和匀加速运动的位移相等，为 $s_1=s_3=\frac{v_1^2-v_2^2}{2a}=\frac{15^2-5^2}{2\times1}\ \text{m}=100\ \text{m}$，匀速运动位移为 $s_2=d=10\ \text{m}$，故总位移为 $s=s_1+s_2+s_3=210\ \text{m}$，总用时为 $t=2\times$

$\frac{v_1-v_2}{a}+\frac{d}{v_2}=2\times\frac{15-5}{1}\ \text{s}+\frac{10}{5}\ \text{s}=22\ \text{s}$. 通过人工收费通道与通过ETC通道的位移差为 $\Delta s=s_{\text{人工}}-s=15\ \text{m}$,这段距离对于通过ETC通道的汽车还需要的时间为 $t'=\frac{\Delta s}{v_1}=\frac{15}{15}\ \text{s}=1\ \text{s}$,故汽车通过ETC通道比通过人工收费通道节省的时间为 $\Delta t=t_{\text{人工}}-t-t'=27\ \text{s}$.

第三章　相互作用——力

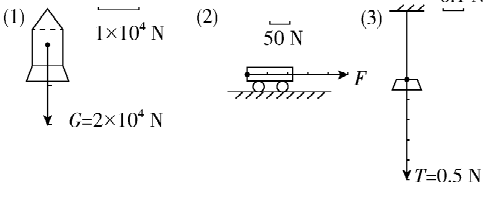
1　重力与弹力

★教材 P61【练习与应用】

1.【解析】(1)用力推静止在水平地面上的物体能够使它运动起来;把弹簧拉长能使之发生形变.

(2)粉笔放在桌面上,粉笔受到支持力,施力物体是桌子,受力物体是粉笔.

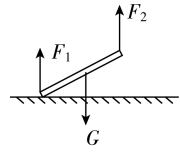
2.【解析】如图所示.



(1)施力物体:地球　受力物体:火箭　(2)施力物体:人　受力物体:车　(3)施力物体:工艺品　受力物体:细绳

3.【解析】均匀三角形薄板的重心与几何学上的重心属于同一点.

4.【解析】钢管受到三个力的作用,F_1 是地面对它的支持力,G 是钢管的重力,F_2 是绳对它的拉力,如图所示.



5.【解析】在一张足够光滑的水平放置的大桌子上近距离放置两个光滑小球,两小球静止,用手在两个球之间的桌面上用力按压,如果球向手按压的方向滚动,说明桌面发生了微小形变. 图略

6.【解析】(1)图略.

(2)图线为直线,可在图线上任取一点,如取弹力为 0.9 N,此时弹簧的伸长量为 0.035 m,可得弹簧的劲度系数为 $k=\dfrac{F}{x}=\dfrac{0.9}{0.035}$ N/m≈25.71 N/m.

7. 略

2　摩擦力

★教材 P67【练习与应用】

1.【解析】手压着桌面向前移动,手和桌面之间的滑动摩擦力阻碍手的移动,所以会感受到阻力作用. 滑动摩擦力与正压力成正比,手对桌面压力增大,阻力就会增大.

2.【解析】(1)瓶子不受摩擦力　(2)瓶子受摩擦力,方向沿桌面向上　(3)瓶子受摩擦力,方向竖直向上　(4)瓶子受摩擦力,方向与纸条运动方向相同.

3. 35 N　30 N　0.3　20 N

【解析】至少用 35 N 的水平推力才能使木箱开始运动,说明木箱与地板间的最大静摩擦力为 35 N,根据二力平衡可知,当木箱匀速运动时,水平推力和滑动摩擦力大小相等,方向相反,

所以木箱所受滑动摩擦力大小 $F_f=30$ N. 木箱在水平地板上，木箱对地板的压力为 $F_N=G=100$ N，根据 $F_f=\mu F_N$ 可知，木箱与地板间的动摩擦因数 $\mu=\dfrac{F_f}{F_N}=\dfrac{30}{100}=0.3$. 用 20 N 的水平推力推木箱，由于推力 $F'<F_{fmax}$，故木箱仍静止，木箱受到的静摩擦力与水平推力平衡，即所受静摩擦力 $F_f'=20$ N.

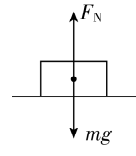
4. 20 N

【解析】空雪橇做匀速直线运动时，根据二力平衡可知 $F=F_f$，$F_f=\mu F_N$，$F_N=G$，得 $\mu=0.02$，因此雪橇载重 500 N 的货物滑行时受到的摩擦力为 $F_f'=\mu F_N'=\mu(G+G')=20$ N.

3　牛顿第三定律

★教材 P71【练习与应用】

1. 【解析】证明：对物体进行受力分析如图所示，物体受到竖直向下的重力 mg，竖直向上的支持力 F_N. 因为物体静止，由二力平衡可知 $F_N=mg$. 又因为物体受到的支持力与物体对弹簧秤的压力 F_N' 是一对作用力与反作用力，二者等大反向，所以 $F_N=F_N'$，所以 $F_N'=mg$，即物体对弹簧秤的压力等于物体的重力.



2. 【解析】作用力与反作用力虽然大小相等，方向相反，但是作用在不同物体上，其作用效果不能抵消，所以它们不是相互平衡的.

3. 【解析】涉及这三个物体之间的作用力和反作用力一共有 4 对，分别是油桶的重力和油桶对地球的吸引力，油桶对汽车的压力和汽车对油桶的支持力，汽车的重力和汽车对地球的吸引力，汽车对地面的压力和地面对汽车的支持力.

油桶受重力和汽车对油桶的支持力共两个力；汽车受重力、油桶对汽车的压力和地面对汽车的支持力共三个力；地球受油桶对它的吸引力、汽车对它的吸引力和汽车对它的压力共三个力.

4. 【解析】B 木块受重力、桌面对 B 的支持力、A 对 B 的压力、水平方向的拉力、桌面对 B 的摩擦力共 5 个力的作用.

4　力的合成和分解

★教材 P75【练习与应用】

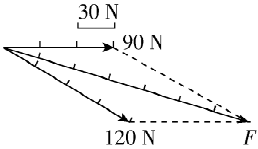
1. 有可能等于 10 N　12 N　8 N

【解析】10 N 的力和 2 N 的力合成，夹角为 0°时合力最大为 12 N，夹角为 180°时合力最小为 8 N，故它们的合力能等于 10 N，但不能等于 5 N 和 15 N.

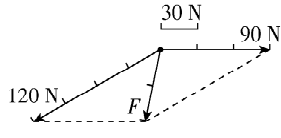
2. $6\sqrt{2}$ N，方向为南偏西 45°

【解析】两个力的合力为零，说明两个力等大反向，其中一个向东的 6 N 的力改为向南，则另一个力为向西的 6 N 的力，此时两个力的合力 $F=\sqrt{6^2+6^2}$ N $=6\sqrt{2}$ N，方向为南偏西 45°.

3. 如图所示.



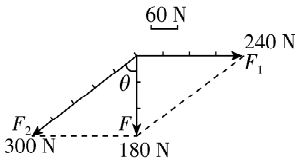
F=203 N，与90 N的力成17°角



F=62 N，与90 N的力成103°角

4. 300 N，方向与竖直方向夹角为 53°

【解析】首先取一个标度，如用 0.4 cm 的线段代表 60 N 的力，根据题意，竖直向下的 180 N 的力 F 就用 1.2 cm 长的线段来代替，一个水平向右的 240 N 的分力 F_1，就用 1.6 cm 长的线段来代替，由三角形定则可知，分力与合力必定要组成一个封闭的三角形，把 180 N 和 240 N 的力的箭头连起来就是第二个分力 F_2，再以 F_1、F_2 为邻边作出平行四边形，如图所示. 量出 F_2 的长度为 2 cm，根据所选的标度，可以计算出 F_2 的大小. 所以 $F_2=300$ N，F_2 与 F 间夹角为 θ，$\cos\theta=0.6$，$\theta=53°$.

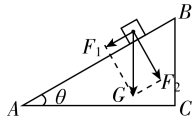


5. 【解析】(1)不正确，F_1、F_2 合力的范围为 $|F_1-F_2|\leqslant F_{合}\leqslant F_1+F_2$，所以合力有可能大于任一分力，也可能小于任一分力，还可能与两个分力都相等. (2)正确，由平行四边形知识可知，两邻边大小不变时，夹角越小，两边所夹的对角线越长. (3)不正确，假设 $\theta=180°$，$F_1>F_2$，则合力 F 随着 F_2 的增大而减小，当 F_2 增加到与 F_1 相等时，合力为零，若 F_2 继续增加，则合力 F 会随着 F_2 的增大而增大.

6. 【解析】图略. $F_x=F\cos 30°=50\sqrt{3}$ N，$F_y=F\sin 30°=50$ N.

7. $F_1=G\sin\theta$　$F_2=G\cos\theta$

【解析】将重力 G 分解为平行斜面向下的力 F_1 和垂直斜面向下的力 F_2，如图所示. 根据几何关系可解得 $F_1=G\sin\theta$，$F_2=G\cos\theta$.

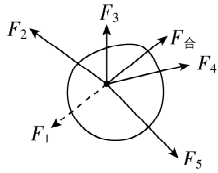


5　共点力的平衡

★教材 P79【练习与应用】

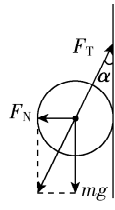
1. 如图所示

【解析】因为物体在五个共点力的作用下保持平衡，所以 F_2、F_3、F_4、F_5 的合力 $F_{合}$ 与 F_1 是平衡力，大小相等，方向相反. 当撤掉 F_1 后，其余四个力的合力 $F_{合}$ 不变，仍是大小等于 F_1，方向与 F_1 方向相反.



2. $\dfrac{mg}{\cos\alpha}$，方向沿悬绳向上　$mg\tan\alpha$，水平向左

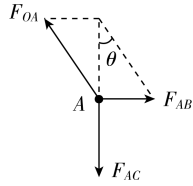
【解析】对足球受力分析，如图所示. 足球受到竖直向下的重力 mg，水平向左的支持力 F_N，斜向右上的拉力 F_T. 由平衡条件知，重力跟支持力的合力与绳中的拉力平衡，即 $F_T=\dfrac{mg}{\cos\alpha}$，$F_N=mg\tan\alpha$.



3. 30 N

【解析】设 OA 段刚被拉断时，OA 与竖直方向的夹角为 θ，结点 A 的受力如图所示. 根据平衡条件，由几何知识有 $\cos\theta=\dfrac{mg}{F_{OA}}=\dfrac{4}{5}$，故 $\sin\theta=\dfrac{3}{5}=\dfrac{F_{AB}}{F_{OA}}$，$F_{AB}=30$ N.

即当 OA 段刚被拉断时，绳 AB 的拉力为 30 N.

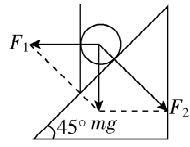


4. 3 799 N

【解析】因箱子处于平衡状态，由共点力的平衡条件可知：平行于斜面方向 $F-mg\sin\theta-f=0$；垂直于斜面方向 $N-mg\cos\theta=0$；其中 $f=\mu N$；由以上三式解得 $F=mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta\approx 3\ 799$ N（g 取10 m/s^2），故拉力大小为 3 799 N.

5. 40 N　$40\sqrt{2}$ N

【解析】以铅球为研究对象，将重力按效果进行分解，分解成垂直于挡板和垂直于斜面的两个分力，作出力的分解图，如图. 根据几何知识得到 $F_1=mg\tan\theta=40$ N，$F_2=\dfrac{mg}{\cos\theta}=40\sqrt{2}$ N（g 取 10 m/s^2），所以铅球对挡板的压力大小等于 40 N，铅球对斜面的压力大小等于 $40\sqrt{2}$ N.



复习与提高

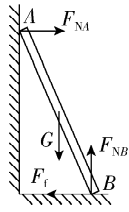
★教材 P80

A 组

1. 【解析】(1)力是物体对物体的作用，重力是地球对物体的吸引造成的，而不是物体本身具有的，地面附近的任何物体都受重力的作用，施力物体是地球. (2)重力的方向始终是竖直向下的，无论物体放在什么样的物体上面，方向是不变的. (3)弹力产生的条件：相互接触、互相挤压产生形变. 接触的物体必须发生弹性形变，才会产生弹力；因为两球之间没有发生弹性形变，故没有弹力. (4)摩擦力产生的条件：接触面粗糙；相互接触且挤压；有相对运动或相对运动趋势. 可见，有摩擦力，必有弹力；有弹力，不一定有摩擦力. (5)两物体间的动摩擦因数是由两物体的材料和接触面的粗糙程度等决定的，与滑动摩擦力 F_f 和支持力 F_N 无关.

2. 如图所示

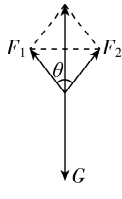
【解析】梯子共受 4 个力：重力 G，过梯子中心竖直向下；墙壁支持力 F_{NA}，过梯子顶端水平向右；地面支持力 F_{NB}，过梯子底端竖直向上；地面摩擦力 F_f，过梯子底端水平向左.



3. 【解析】图略. ①用弹簧测力计测出一叠白纸（约 100 张，用轻绳系住）的重力 G，则 $F_N=G$；②再用弹簧测力计测出这叠白纸在水平桌面上匀速直线运动时受到的拉力 F，则 $F_f=F$. ③根据公式计算动摩擦因数. 动摩擦因数的计算式 $\mu=\dfrac{F_f}{F_N}=\dfrac{F}{G}$.

4. 夹角小些省力，推导见解析

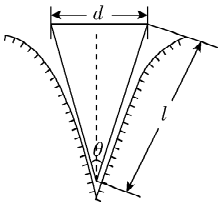
【解析】对水桶进行受力分析，作受力分析图如图所示，水桶在 F_1、F_2、G 的共同作用下处于平衡状态. 由题意知 $F_1=F_2$，设两人手臂夹角为 θ，根据共点力的平衡条件和几何知识有 $F_1=F_2=\dfrac{G}{2\cos\dfrac{\theta}{2}}$，可知 θ 越小，F_1、F_2 越小. 即两个



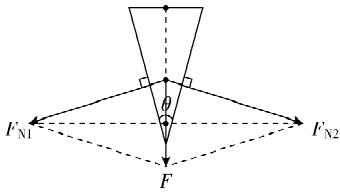
手臂间夹角越小越省力.

5. $\dfrac{F}{2\sin\dfrac{\theta}{2}}$

【解析】设刀背的宽度为 d,刀的侧面长度为 l,如图甲. 将力 F 分解为 F_{N1}、F_{N2} 两个分力,这两个分力分别与刀的两个侧面垂直,如图乙,根据对称性,两分力 F_{N1}、F_{N2} 大小相等,这样,以 F_{N1}、F_{N2} 为邻边的平行四边形就是一个菱形. 因为菱形的对角线互相垂直且平分,所以根据三角形相似有 $\dfrac{\frac{d}{2}}{l}=\dfrac{\frac{F}{2}}{F_{N1}}$,由几何关系得 $\dfrac{\frac{d}{2}}{l}=\sin\dfrac{\theta}{2}$,则 $F_{N1}=F_{N2}=\dfrac{F}{2\sin\frac{\theta}{2}}$.



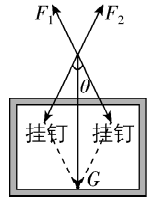
甲



乙

6. $\dfrac{\sqrt{3}}{3}$ m

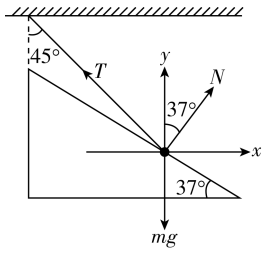
【解析】画框受到重力 G 和绳子的拉力 F_1、F_2,三个力为共点力,已知同一根绳上的力大小相等,即 $F_1=F_2$,受力如图所示. 将重力 G 分解为沿绳方向的两个等大的分力,重力 G 在分力的角平分线上,且两分力的夹角 θ 越大,分力越大,因而当绳子拉力达到 $F=10$ N 的时候,此时绳子最短;有 $mg=2F\cos\dfrac{\theta}{2}$,解得 $\theta=120°$,设两个挂钉的间距为 d,绳子长为 L,则有 $\sin\dfrac{\theta}{2}=\dfrac{\frac{d}{2}}{\frac{L}{2}}$,$L=\dfrac{d}{\sin\frac{\theta}{2}}=\dfrac{\sqrt{3}}{3}$ m,即绳子最短要 $\dfrac{\sqrt{3}}{3}$ m.



B 组

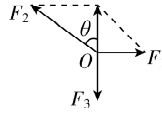
1. 60.6 N　71.4 N

【解析】建立如图所示的坐标系,对小球受力分析,把不在坐标轴上的力沿坐标轴分解,列平衡方程有 $T\cos 45°-N\sin 37°=0$,$T\sin 45°+N\cos 37°-mg=0$. 由以上两式得 $N=\dfrac{500}{7}$ N $\approx$ 71.4 N,$T=\dfrac{300}{7}\sqrt{2}$ N $\approx$ 60.6 N. 即绳对小球的拉力为60.6 N,斜面对小球的支持力为71.4 N.



2. (1)133.3 N　166.7 N　(2)见解析

【解析】(1)对 O 点受力分析如图所示,水平横梁对 O 点的拉力 F_1,斜梁对 O 点的压力 F_2,空调对 O 点的压力 F_3,根据平衡条



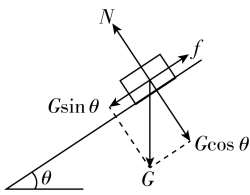
件可知 F_1、F_2 的合力与 F_3 等大反向. 其中 $\theta=53°$，由于有两个三角形支架固定空调，可知 $F_3=\frac{G}{2}$，由受力图结合几何关系可得 $F_1=F_3\tan\theta=\frac{400}{3}$ N$\approx$133.3 N，$F_2=\frac{F_3}{\cos\theta}=\frac{500}{3}$ N$\approx$166.7 N. (2)如果把斜梁加长一点，仍保持连接点 O 位置不变，则 θ 变小，根据 $F_1=\frac{G}{2}\tan\theta$ 可知，水平横梁对 O 点的拉力变小. 根据 $F_2=\frac{G}{2\cos\theta}$ 可知，斜梁对 O 点的压力也变小.

3. 8 N　9 N

【解析】未加 F 时，木块 A、B 受力平衡，所受静摩擦力等于弹簧的弹力，弹簧弹力为 $F_1=kx=400\times0.02$ N$=8$ N；木块 B 与地面间的最大静摩擦力为 $f_{Bm}=\mu G_B=0.25\times60$ N$=15$ N；木块 A 与地面间的最大静摩擦力为 $f_{Am}=\mu G_A=0.25\times50$ N$=12.5$ N；施加 F 后，对木块 B 有 $F+F_1<f_{Bm}$，故木块 B 所受摩擦力仍为静摩擦力，其大小为 $f_B=1$ N$+8$ N$=9$ N，由于施加 F 后 B 未动，则弹簧形变量不变，木块 A 所受摩擦力仍为静摩擦力且等于弹簧弹力，大小为 $f_A=8$ N. 所以力 F 作用后木块 A 所受摩擦力的大小为 8 N，B 所受摩擦力的大小为 9 N.

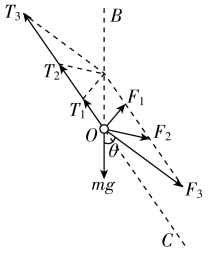
4. $\frac{2G\sin\theta\cos\theta}{\cos^2\theta-\sin^2\theta}$

【解析】木块匀速下滑过程中，受力分析如图甲所示，由平衡条件得，平行斜面方向 $f=G\sin\theta$，垂直斜面方向 $N=G\cos\theta$，又 $f=\mu N$，解得 $\mu=\tan\theta$.



加上力 F 后对木块受力分析如图乙所示，把 F、G 沿斜面和垂直斜面方向进行分解，沿斜面方向受力平衡得 $f_1+G\sin\theta=F\cos\theta$，在垂直斜面方向受力平衡得 $F_N=G\cos\theta+F\sin\theta$，又 $f_1=\mu F_N$，联立解得 $F=\frac{2G\sin\theta\cos\theta}{\cos^2\theta-\sin^2\theta}$.

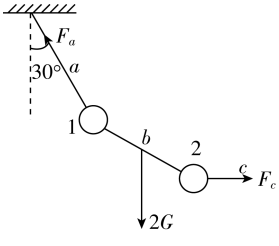
5. 【解析】小球受到三个力而平衡，三个力中重力大小方向都一定，细线拉力方向一定，大小未知，拉力 F 大小方向都未知，由平衡条件可知，细线的弹力 T 和外力 F 的合力与重力等大反向，如图所示，可知，外力 F 的方向范围是：竖直方向不能超过 OB，斜向下不能达到 OC.



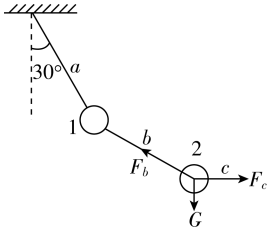
6. (1)$\frac{4\sqrt{3}}{3}G$　$\frac{2\sqrt{3}}{3}G$　(2)$\frac{\sqrt{21}}{3}G$

【解析】(1)以两小球整体为研究对象，受力分析如图甲. 水平方向 $F_a\sin30°=F_c$，竖直方向 $F_a\cos30°=2G$，解得 $F_a=\frac{4\sqrt{3}}{3}G$，$F_c=$

$\frac{2\sqrt{3}}{3}G$，细线 a、c 分别对小球 1 和 2 的拉力大小为 $\frac{4\sqrt{3}}{3}G$、$\frac{2\sqrt{3}}{3}G$.



甲



乙

(2)以小球 2 为研究对象，受力分析如图乙，设 F_b 与水平方向之间夹角为 θ，水平方向 $F_b\cos\theta=F_c$，竖直方向 $F_b\sin\theta=G$，解得 $F_b=\frac{\sqrt{21}}{3}G$，细线 b 对小球 2 的拉力大小为 $\frac{\sqrt{21}}{3}G$.

7. 【解析】(1)对于拔河的两个队，甲对乙施加了多大拉力，乙对甲也同时产生一样大小的拉力. 可见，双方之间的拉力并不是决定胜负的因素. 对拔河的两队进行受力分析就可以知道，只要所受的拉力小于与地面间的最大静摩擦力，就不会被拉动. 因此，增大与地面间的摩擦力就成了胜负的关键. 增大摩擦力有两种方法：增加对地面的压力和增加与地面之间的动摩擦因数. 要求两队队员总体重相同，是为保证两队队员对地面总压力相同；要求穿“拔河鞋”或平底鞋是因为有鞋跟或有突出物的鞋会增大与地面之间摩擦力，属于不正当手段. 为了公平起见，竞赛对队员体重和穿鞋做了规定. (2)拔河时，运动员静止时受到重力 G、水平方向的绳子拉力 F_T 和地面对运动员的作用力 F，这三个共点力作用而处于平衡，F 的水平分力为静摩擦力 F_f，竖直分力为地面支持力 F_N. 当绳子上的拉力增大时，人要不被拉动，要求静摩擦力也增大. 由共点力平衡可知，由于 $F_N=G$ 是不变的，F 与地面的夹角越小，F_f 就越大. 因此，人要往后倾倒，以获得更大的静摩擦力和拉力. (提示：F 与地面的夹角减小时，运动员与地面的夹角也减小.)

第四章　运动和力的关系

1　牛顿第一定律

★教材 P87【练习与应用】

1.【解析】(1)不能. 因为从飞机上投下的炸弹由于惯性,在落地前还要继续向前飞行,飞机在目标的正上方投炸弹,炸弹不会击中目标. (2)地球自西向东自转时,地球上的人也随之一起转动,当人向上跳起时由于惯性,还要保持原来的运动状态,随地球一起转动,所以人还会落到原地. (3)由于车辆在行驶过程中速度很大,一旦遇到紧急情况需要急刹车时,如果不系安全带,由于惯性人会向前运动使头部受到撞击甚至撞破玻璃飞出车外,造成重大的伤亡事故;如果系上安全带,在安全带的约束下,可减小急刹车时对人的伤害. (4)物体向上抛出时,具有向上的速度,由于惯性物体还要向上运动一段时间,并不是物体受到向上的力.

2.【解析】如果对接斜面没有摩擦力,小球将达到跟原来同样的高度. 减小对接斜面的倾斜角度,小球仍达到同一高度. 对接斜面的倾斜角度越小,小球经过的路程越长. 把对接斜面变成水平面,小球无法达到原来的高度,只能以原速度一直运动下去.

3.【解析】(1)错误　(2)错误　(3)正确　(4)正确

以上事例说明:惯性的大小与物体的速度大小和方向均无关,只与质量有关,质量大的物体惯性大.

2　实验:探究加速度与力、质量的关系

★教材 P92【练习与应用】

1.【解析】表 3 中的模糊数据分别是 0. 67、0. 94.

表 4　探究加速度与力的关系(条件:$m=0.36\ \mathrm{kg}$)

F/N	0. 14	0. 19	0. 24	0. 29	0. 34
$a/(\mathrm{m\cdot s^{-2}})$	0. 39	0. 53	0. 67	0. 81	0. 94

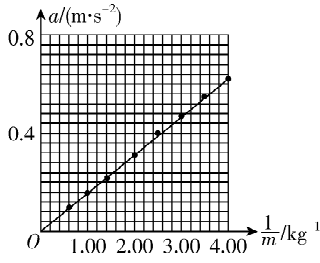
表 5　探究加速度与质量的关系(条件:$F=0.29\ \mathrm{N}$)

m/kg	0. 86	0. 61	0. 41	0. 36	0. 31
$a/(\mathrm{m\cdot s^{-2}})$	0. 34	0. 48	0. 71	0. 81	0. 94

2. (1)$0.51\ \mathrm{m/s^2}$　(2)见解析

【解　析】(1)$a=\dfrac{(x_4+x_3)-(x_2+x_1)}{4T^2}=\dfrac{(7.72+7.21)\times10^{-2}-(6.70+6.19)\times10^{-2}}{4\times0.1^2}\ \mathrm{m/s^2}=0.51\ \mathrm{m/s^2}$.

(2)如图所示.



结论:在 F 一定时,a 和 m 成反比.

3　牛顿第二定律

★教材 P98【练习与应用】

1. 【解析】这一现象与牛顿第二定律并不矛盾. 牛顿第二定律 $F=ma$ 中的 F 指的是物体受到的合外力,用力提很重的箱子时,箱子还受到重力和地面对箱子的支持力,合外力仍为零,所以提不动它.

2. 3 倍

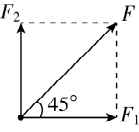
【解析】由牛顿第二定律得 $F=m_{甲}\ a_{甲}$,$F=m_{乙}\ a_{乙}$,所以 $\frac{m_{甲}}{m_{乙}}=\frac{a_{乙}}{a_{甲}}=\frac{4.5}{1.5}=3$,即甲车的质量是乙车的 3 倍.

3. 12 N

【解析】设物体的质量为 m,则由牛顿第二定律得 $F_1=ma_1$,$F_2=ma_2$,所以 $F_2=\frac{F_1}{a_1}a_2=\frac{4}{2}\times 6\ \text{N}=12\ \text{N}$.

4. $7\sqrt{2}\ \text{m/s}^2$　方向在 F_1、F_2 方向之间与 F_1 的夹角为 45°

【解析】对物体进行受力分析如图所示,物体受到的合外力为 $F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}=14\sqrt{2}\ \text{N}$,由牛顿第二定律可得 $a=\frac{F}{m}=\frac{14\sqrt{2}}{2}\ \text{m/s}^2=7\sqrt{2}\ \text{m/s}^2$,方向在 F_1、F_2 方向之间与拉力 F_1 的夹角为 45°.

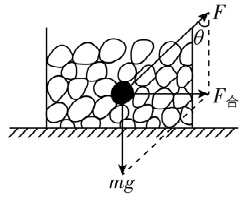


5. $0.5\ \text{m/s}^2$　方向与运动方向相反

【解析】由牛顿第二定律得 $F-F_f=ma_1$,撤去 F 后,$F_f=ma_2$,解得 $a_2=0.5\ \text{m/s}^2$,方向与运动方向相反.

6. $m\sqrt{g^2+a^2}$　方向见解析

【解析】如图所示,黑色的石块为研究对象 B,对其受力分析,如图所示. 其他石块对 B 的作用力为 F,B 所受重力为 mg,a 方向水平向右,根据牛顿第二定律得 $F_{合}=ma$. 根据平行四边形定则,其他石块对它的作用力的合力为 $F=\sqrt{(mg)^2+(ma)^2}=m\sqrt{g^2+a^2}$.



设 F 与竖直方向的夹角为 θ,则 $\tan\theta=\frac{a}{g}$.

4　力学单位制

★教材 P103【练习与应用】

1. 20 N

【解析】对自行车的运动过程由运动学公式得 $2ax=v^2-v_0^2$,解得 $a=-0.2\ \text{m/s}^2$,由牛顿第二定律得 $F_{阻}=ma=100\times(-0.2)\ \text{N}=-20\ \text{N}$. 负号表示阻力方向与运动方向相反.

2. 2×10^4 N

【解析】由运动学公式得 $\Delta v=at$,由牛顿第二定律得 $F=ma$,

联立解得 $F=-2\times10^4$ N，负号表示阻力方向与运动方向相反.

3. 3×10^3 kg

【解析】由运动学公式得 $\Delta v=at$，由牛顿第二定律得 $m=\dfrac{F}{a}$，解得 $m=3\times10^3$ kg.

4. 18.75 m

【解析】由牛顿第二定律 $F=ma$，得 $a=\dfrac{F}{m}=6\ \mathrm{m/s^2}$，$v_0=54\ \mathrm{km/h}=15\ \mathrm{m/s}$，由运动学公式得 $x=\dfrac{v_0^2}{2a}=\dfrac{15^2}{2\times6}\ \mathrm{m}=18.75\ \mathrm{m}$.

5. 1 J=1 kg·m²·s⁻²

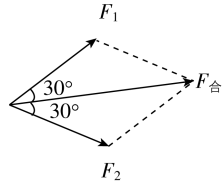
【解析】由 $W=Fl$，$F=ma$，得 $W=mal$，所以 1 J=1 kg·m²/s².

5　牛顿运动定律的应用

★教材 P107【练习与应用】

1. $\dfrac{15}{2}\sqrt{3}$ m/s　$\dfrac{45}{4}\sqrt{3}$ m

【解析】如图两个互成 60°角的力，合力大小为 $F_{合}$，根据几何知识有 $F_{合}=2F_1\cdot\cos30°=50\sqrt{3}$ N，根据牛顿第二定律知物体产生的加速度为 $a=\dfrac{F_{合}}{m}=\dfrac{50\sqrt{3}}{20}\ \mathrm{m/s^2}=\dfrac{5}{2}\sqrt{3}\ \mathrm{m/s^2}$，根据速度与时间的关系式可知，物体 3 s 末的速度为 $v=at=\dfrac{15}{2}\sqrt{3}$ m/s. 根据位移与时间的关系式可知，物体 3 s 内的位移为 $x=\dfrac{1}{2}at^2=\dfrac{45}{4}\sqrt{3}$ m.



2. $2\sqrt{3}$ m/s

【解析】设气囊斜面的倾角为 θ. 由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta-F_f=ma$，$a=g\sin\theta-\dfrac{F_f}{m}$. 由题意得 $\sin\theta=\dfrac{h}{s}=\dfrac{3.2}{6.5}$，由运动学公式得 $v^2=2as$，解得 $v=2\sqrt{3}$ m/s.

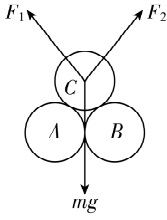
3. 0.65

【解析】在水平路面上汽车刹车之后受到的摩擦力是汽车受到的合外力，由牛顿第二定律有 $\mu mg=ma$，则 $a=\mu g$，由 $v^2-v_0^2=-2ax$，可以解得 $0-v_0^2=-2\mu gx$，其中 $v_0=54\ \mathrm{km/h}=15\ \mathrm{m/s}$，$\mu=\dfrac{v_0^2}{2gx}=\dfrac{15^2}{20\times17.2}\approx0.65$，轮胎和路面之间的动摩擦因数是 0.65.

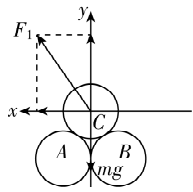
4. (1)见解析　(2)$\dfrac{\sqrt{3}}{3}g$

【解析】(1)以 C 为研究对象，对其进行受力分析如图甲所示. 当汽车处于平衡状态时，C 所受合力为零，F_1、F_2 的合力与 C 的重力等大反向，即 F_1、F_2 的合力竖直向上. 当汽车向左加速时，C 的合力水平向左，又因 C 的重力不变，F_1、F_2 的

方向不变，则只可能是 F_1 变大、F_2 变小，只有这样才能使 C 在竖直方向上合力仍然为零，水平合力向左.



甲



乙

(2) 当汽车向左运动的加速度达到某一值时，A 对 C 的力变为零，此时对 C 受力分析如图乙. 根据几何关系可知 B 对 C 的力与竖直方向夹角为 30°，则水平方向 $F_1\sin 30°=ma$，竖直方向 $F_1\cos 30°=mg$，联立解得 $a=\dfrac{\sqrt{3}}{3}g$.

6　超重和失重

★教材 P112【练习与应用】

1. 【解析】放手前，由于水对瓶壁有压强，会对小孔处产生压力，所以会有水流喷出，而放手后，瓶中的水处于完全失重状态，不会对小孔处产生压力，所以不会有水喷出.

2. 【解析】运动员从跳下到弹性绳刚好伸直时，只受重力做自由落体运动，此过程运动员加速度为 g，运动员处于完全失重状态；弹性绳伸直后，弹力逐渐增大，但弹力小于重力，运动员所受合力竖直向下，加速度向下，此过程运动员处于失重状态；当弹力等于重力时，运动员所受合力为零，速度达到最大；此后运动员继续下落，弹性绳继续被拉长，此时弹力大于重力，运动员所受合力竖直向上，加速度竖直向上，运动员处于超重状态. 综上，从运动员跳下到弹性绳的弹力等于运动员的重力，此过程运动员一直在加速，加速度始终竖直向下，处于失重状态；从弹性绳的弹力等于运动员的重力到速度减为零，运动员所受合力向上，加速度竖直向上，运动员处于超重状态.

3. 45 N

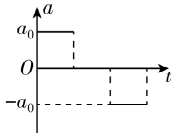
【解析】根据牛顿第二定律有 $F_N-mg=ma$，代入数据得 $F_N=45$ N.

4. 零　1 355 N

【解析】当座舱下落到距地面 50 m 处时，整个系统处于完全失重状态，人对座舱没有压力. 对系统下落过程进行分析，设自由下落高度为 h_1，减速下落高度为 h_2，由运动学公式得 $2gh_1=v^2=2ah_2$，解得 $a=17.1\ \text{m/s}^2$，对减速下落过程中的人进行分析，由牛顿第二定律得 $F_N-mg=ma$，解得 $F_N\approx 1\ 355$ N（g 取10 m/s^2），即座舱落到离地面 15 m 处时，人对座舱的压力为 1 355 N.

5. 【解析】方法 1：由公式 $F_{合}=ma$ 知加速上升过程中 $G_1-mg=ma$，减速上升过程中 $mg-G_2=ma$，联立解得 $a=\dfrac{G_1-G_2}{G_1+G_2}g$.

方法 2：如图所示.



复习与提高

★教材 P113

A 组

1. 【解析】质量是惯性大小唯一的量度，惯性表现为外力改变物体运动状态的难易程度. 因为汽车与公路之间的动摩擦因数没变，所以汽车刹车时的加速度相同. 初速度越大，制动时间就会越长.

2. 1.0 N 或 7.0 N

【解析】若将其中一个力加倍，加速度方向不变，说明变化的这一个力比较大，开始时 $ma_1=F_1-F_2$，后来 $ma_2=2F_1-F_2$，代入数据，解得 $F_1=2.5\ \text{N}$，$F_2=1.0\ \text{N}$. 若将其中一个力加倍，加速度方向改为反向，说明变化的这一个力比较小，开始时 $ma_1=F_2-F_1$，后来 $ma_2=2F_1-F_2$，代入数据，解得 $F_1=5.5\ \text{N}$，$F_2=7.0\ \text{N}$. 所以另一个力大小为 1.0 N 或 7.0 N.

3. 2.5 s

【解析】上升至最高点前，小球所受的重力、阻力方向都竖直向下，根据牛顿第二定律有 $mg+f=ma_1$，小球的加速度大小为 $a_1=\dfrac{mg+f}{m}=12\ \text{m/s}^2$，方向竖直向下. 小球初速度 $v_0=6\ \text{m/s}$，方向与加速度方向相反，设小球上升到最高点所需时间为 t_1，那么 $t_1=\dfrac{v_0}{a_1}=0.5\ \text{s}$，小球上升高度为 $h_1=\dfrac{v_0^2}{2a_1}=1.5\ \text{m}$，此时小球距地面的高度 $H=h_1+h_0=1.5\ \text{m}+14.5\ \text{m}=16\ \text{m}$. 到最高点后，小球向下做初速度为零的匀加速直线运动，加速度大小为 $a_2=\dfrac{mg-f}{m}=8\ \text{m/s}^2$，设下落时间为 t_2，则有 $H=\dfrac{a_2t_2^2}{2}$，解得 $t_2=2\ \text{s}$，总时间为 $t=t_1+t_2=2.5\ \text{s}$.

4. 8.7×10^4 kg

【解析】飞船和空间站整体的加速度 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{0.05}{5}\ \text{m/s}^2=0.01\ \text{m/s}^2$，由牛顿第二定律得 $F=(M+m_{船})a$，则空间站的质量 $M=\dfrac{F}{a}-m_{船}=8.7\times10^4\ \text{kg}$.

5. 不正确.

【解析】根据公式 $x=\dfrac{F}{2m}(t_1+t_2)$，由于力的单位是 $\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$，时间的单位是 s，质量的单位是 kg，故等号右边的单位是 $\dfrac{\text{kg}\cdot\text{m/s}^2\cdot\text{s}}{\text{kg}}=\text{m/s}$；等号左边的单位是 m；即等号左右单位不同，故等式不成立.

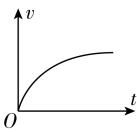
6. 【解析】(1)(2)物体受拉力向上运动过程中，物体受拉力 F、

重力 mg 和沿斜面向下的摩擦力 f，设物体向上做匀加速运动的加速度大小为 a_1，根据牛顿第二定律有 $F-mg\sin\theta-f=ma_1$，因 $f=\mu N$，$N=mg\cos\theta$，解得 $a_1=1.6\ \text{m/s}^2$. 撤去拉力 F 后物体沿斜面向上做匀减速直线运动，设运动的加速度大小为 a_2，则根据牛顿第二定律，有 $mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta=ma_2$，解得 $a_2=8.4\ \text{m/s}^2$. 物体速度减至零后，将沿斜面匀加速下滑，设物体下滑的加速度大小为 a_3，根据牛顿第二定律有 $mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma_3$，解得 $a_3=3.6\ \text{m/s}^2$. 所以物体从静止开始一共经历 3 个匀变速直线运动的过程，第一阶段物体以大小为 $1.6\ \text{m/s}^2$ 的加速度沿斜面向上做匀加速直线运动；第二阶段物体以大小为 $8.4\ \text{m/s}^2$ 的加速度沿斜面向上做匀减速直线运动；第三阶段物体以大小为 $3.6\ \text{m/s}^2$ 的加速度沿斜面向下做匀加速直线运动.

7. 【解析】(1)可行. 因为两小车的运动是等时的，由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 可得，$\frac{a_1}{a_2}=\frac{x_1}{x_2}$. 所以比较加速度只需要比较位移 x 即可.

(2)分析表中数据可得到结论：在实验误差允许的范围内，当小车质量保持不变时，加速度与合外力成正比. 由于 $x\propto F$，又因 $a\propto x$，说明 $a\propto F$. (3)①在两个槽码盘中放入槽码，并使两槽码盘(含槽码)质量相同，且远小于小车的质量，两小车质量不同. 连接小车的细线跨过定滑轮与槽码盘相连. ②同时改变两小车的质量，进行多次实验.

8. 【解析】雨滴开始下落时，只受重力作用，加速度为重力加速度，随着速度的增加，空气阻力逐渐增大，$F_{合}=mg-f$，故合力逐渐减小，根据 $F_{合}=ma$ 可知加速度逐渐减小，当空气阻力增大到与重力相等时，加速度为零，此后，速度不再增大，所以，雨滴先做加速度逐渐减小的加速运动，当速度增加到 4 m/s 时，雨滴开始做匀速直线运动直至落地.

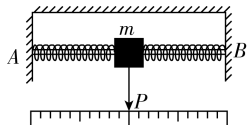


定性画出的雨滴下落过程的 $v-t$ 图像如图所示.

9. 【解析】(1)设弹簧原长为 L_0，Δx 为刻度尺上的两个长刻度线之间的距离，当弹簧下端悬吊 0.9 N 的重物时，$k(x_C-L_0)=m_1g$，当弹簧下端悬吊 1.0 N 的重物时，$k(x_0-L_0)=m_2g$，解得 $k\cdot 2\Delta x=0.1$ N，当指针指在最上面长刻度线时，$k(x_{上}-L_0)=m_{上}g$，解得 $k\cdot 3\Delta x=1.0\ \text{N}-m_{上}g$，$m_{上}g=0.85$ N. 由以上推理可知，当指针指在长刻度线上时，与之对应的弹簧拉力，从上到下为 0.85 N、0.90 N、0.95 N、1.00 N、1.05 N、1.1 N、1.15 N. 当悬挂 1.0 N 重物沿竖直方向加速或减速时，若指针指在 0.85 N 刻度线上有 $F_{0.85}-mg=ma_1$，$a_1=-1.5\ \text{m/s}^2$，若指针指在 0.90 N 刻度线上有 $F_{0.90}-mg=ma_2$，$a_2=-1.0\ \text{m/s}^2$，若指针指在 0.95 N 刻度线上有 $F_{0.95}-mg=ma_3$，$a_3=-0.5\ \text{m/s}^2$，若指针指在 1.00 N 刻度线上有 $F_{1.00}-mg=ma_4$，$a_4=0$，若指针指在 1.05 N 刻度线上有 $F_{1.05}-mg=ma_5$，$a_5=0.5\ \text{m/s}^2$，若指针指在 1.10 N 刻度线上有 $F_{1.10}-mg=ma_6$，$a_6=1.0\ \text{m/s}^2$，若指针指在

1.15 N 刻度线上有 $F_{1.15}-mg=ma_7$，$a_7=1.5\ \mathrm{m/s^2}$. 作图略.

(2)如图所示是测定水平方向运动物体的加速度的仪器装置原理图：水平光滑杆 AB 固定在待测系统上，



杆上套一质量为 m 的滑块，滑块两侧分别与劲度系数为 k 的弹簧相连，两弹簧的另一端与固定壁相连，弹簧处于自然长度. 滑块下端有一指针. 待测系统静止时指针 P 位于刻度尺的中点处. 当系统在水平方向加速运动时，指针会偏离刻度尺中点. 刻度标注原理：例如当系统向右加速时，指针向左偏离刻度尺中点的距离为 x，则 $2kx=ma_x$，解得 $a_x=\dfrac{2kx}{m}$.

B 组

1. $2g$　0

【解析】当剪断细绳的瞬间，弹簧的弹力还保持不变，所以 B 仍然处于平衡状态，$kx=mg$，其加速度为 0. 对 A 来说，绳子的拉力消失，有 $kx+mg=ma$，解得 A 的加速度为 $a=2g$.

2. (1)$a_1\geqslant 2\ \mathrm{m/s^2}$　方向竖直向下　(2)$a_2\geqslant 0.6\ \mathrm{m/s^2}$　方向水平向左

【解析】(1)若要使弹簧拉动物块，则 $F_{弹}\geqslant\mu F_N$，解得 $F_N\leqslant 4$ N. 物块所受重力 $mg=5$ N，当木箱沿竖直方向运动时，$mg-F_N=ma_1$，解得 $a_1\geqslant 2\ \mathrm{m/s^2}$，加速度方向竖直向下.

(2)当木箱沿水平方向运动时有 $\mu mg-F_{弹}\leqslant ma_2$，解得 $a_2\geqslant 0.6\ \mathrm{m/s^2}$，加速度方向水平向左.

3. 【解析】考虑最高车速 v、最长反应时间 t 及最小动摩擦因数 μ 的极限情况下，根据牛顿第二定律，汽车在湿沥青与混凝土路面上刹车时的加速度 $a=\dfrac{-f}{m}=\dfrac{-\mu mg}{m}=-\mu g=-0.32\times 10\ \mathrm{m/s^2}=-3.2\ \mathrm{m/s^2}$，反应距离 $s_1=v_0t=33.33\times 0.6\ \mathrm{m}=20\ \mathrm{m}$.

制动距离 $s_2=\dfrac{v^2-v_0^2}{2a}=\dfrac{0-33.33^2}{2\times(-3.2)}\ \mathrm{m}\approx 174\ \mathrm{m}$，刹车距离 $s=s_1+s_2=20\ \mathrm{m}+174\ \mathrm{m}=194\ \mathrm{m}$，即汽车在湿沥青与混凝土路面上的安全距离为 194 m. 同理可求得汽车在干沥青与混凝土路面上的安全距离为 113 m，在干碎石路面上的安全距离为 100 m.

4. 0.78 cm

【解析】行李在传送带上加速，设加速度大小为 a，则 $a=\dfrac{F_f}{m}=\mu g=4\ \mathrm{m/s^2}$，行李在传送带上做匀加速直线运动，设加速的时间为 t，则 $t=\dfrac{v}{a}=0.0625\ \mathrm{s}$，则在传送带上留下的痕迹长度为 $\Delta x=vt-\dfrac{1}{2}at^2\approx 0.0078\ \mathrm{m}=0.78\ \mathrm{cm}$.

5. 【解析】测量步骤：测出照片中的悬点到圆珠笔中心位置的距离 x 和照片中圆珠笔中心位置到竖直扶手的水平距离 y. 细绳与竖直扶手的夹角设为 θ，细绳对圆珠笔的拉力为 F，对圆珠笔受力分析，水平方向 $F\sin\theta=ma$，竖直方向 $F\cos\theta=mg$，解得 $a=g\tan\theta=\dfrac{gy}{\sqrt{x^2-y^2}}$，方向水平向左.

6. 0~2 s 内加速度大小为 1 m/s^2，2~8 s 内加速度逐渐增大，方向始终向右

【解析】F_A、F_B 的大小虽随时间而变化，但 $F_{合}=F_A+F_B=10$ N 不变，故开始一段时间内 A、B 共同做匀加速运动，A、B 分离前，对整体有 $F_A+F_B=(m_A+m_B)a$，设 A、B 间的弹力为 F_{AB}，对 B 有 $F_B+F_{AB}=m_Ba$，由于加速度 a 恒定，则随着 t 的增大，F_B 增大，弹力 F_{AB} 逐渐减小，当 A、B 恰好分离时，A、B 间的弹力为零，即 $F_{AB}=0$，联立解得 $a=1$ m/s^2，$t=2$ s. 0~2 s 内物体 A、B 有共同加速度，加速度大小为 1 m/s^2，方向向右，2~8 s 内，物体 B 的加速度逐渐增大，方向始终向右.

7. (1)20 N　(2)129 N　(3)0. 3 m

【解析】(1)已知 $\mu_1=0.3$，$\mu_2=0.25$，铁箱的质量 $M=2.5$ kg，木块的质量 $m=0.5$ kg，对木块，在竖直方向，由木块恰好与铁箱相对静止得 $mg=F_f=\mu_2F_N$，则 $F_N=\dfrac{mg}{\mu_2}=\dfrac{5}{0.25}$ N$=20$ N.

(2)对木块，在水平方向有 $F_N=ma$，得 $a=40$ m/s^2，对铁箱和木块整体有 $F-\mu_1(M+m)g=(M+m)a$，故水平拉力 $F=(M+m)(a+\mu_1g)=129$ N.

(3)撤去拉力 F 时，铁箱和木块的速度均为 $v=6$ m/s，因 $\mu_1>\mu_2$，以后木块相对铁箱滑动. 木块加速度 $a_2=\mu_2g=2.5$ m/s^2，铁箱加速度 $a_1=\dfrac{\mu_1(M+m)g-\mu_2mg}{M}=3.1$ m/s^2，铁箱减速到速度为零的时间为 $t_0=\dfrac{v}{a_1}\approx1.9$ s>1 s，故木块到达铁箱右端时，铁箱未能停止. 则经 $t=1$ s 木块比铁箱向右多移动距离 L，L 即铁箱长度. 则有 $L=(vt-\dfrac{1}{2}a_2t^2)-(vt-\dfrac{1}{2}a_1t^2)=\dfrac{1}{2}(a_1-a_2)t^2$. 解得 $L=0.3$ m.