2026 北京海淀高三（上）期中

物　　理

注意事项：

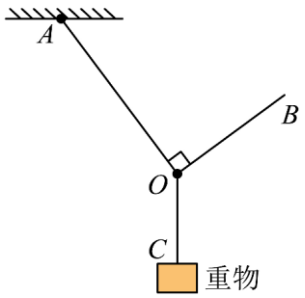
1.本试卷共 8 页，100 分。考试时长 90 分钟。

2.考生务必将答案答在答题纸上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题纸一并交回。

第一部分

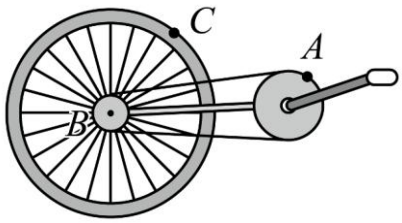
一、本部分共 10 题，每题 3 分，共 30 分。在每题给出的四个选项中，有的题只有一个选项是正确的，有的题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。把正确的答案填涂在答题纸上。

1. 如图所示，一重物用三根轻质细绳 *OA*、*OB* 和 *OC* 悬挂并处于静止状态。初始时 *OA* 与 *OB* 垂直，*OA* 和 *OB* 的拉力大小分别为 T_A 和 T_B。保持 *O* 点位置不动、*OA* 方向不变，使 *OB* 沿顺时针方向缓慢转至水平的过程中，下列判断正确的是（　　）



A. T_A 变小　　B. T_A 变大　　C. T_B 变小　　D. T_B 变大

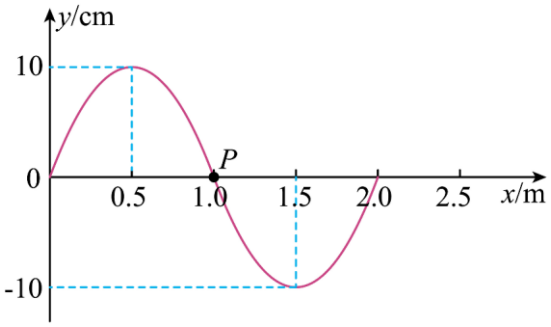
2. 一辆被架起的自行车，其大齿轮、小齿轮、后轮的边缘处分别有 *A*、*B*、*C* 三个点，如图所示。转动脚踏板，大、小齿轮和后轮一起转动，下列说法正确的是（　　）



A. *A* 点的角速度最小　　B. *C* 点的角速度最小

C. *B* 点的线速度最大　　D. *C* 点的线速度最大

3. 一列沿 x 轴正方向传播的简谐横波，波源 S 位于坐标原点，P 为 $x=1.0\text{m}$ 处的质点。$t=0$ 时，波源开始振动，$t=2.0\text{s}$ 时该波恰好传到 $x=2.0\text{m}$ 处，如图所示。下列说法正确的是（　　）



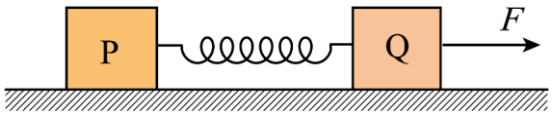
A. $t=0$时，波源S沿y轴正方向开始振动

B. $t=1.2\,\mathrm{s}$时，质点P沿y轴负方向振动

C. $t=3.0\,\mathrm{s}$时，质点P和波源S相位相反

D. 从$t=0$到$t=2.0\,\mathrm{s}$，质点P刚好完成一次全振动

4. 如图所示，木块P、Q置于水平地面上，二者之间用一根被拉伸的轻弹簧连接并处于静止状态。已知P、Q与地面间的动摩擦因数相同，且P的质量大于Q的质量。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。现用水平拉力F向右拉Q，在F从 0 开始缓慢增大的过程中，弹簧始终处于弹性限度内。下列说法正确的是（　　）



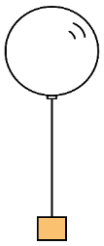
A. P、Q可能同时开始移动

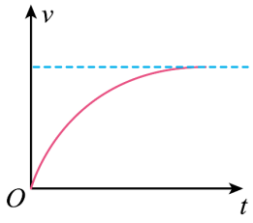
B. P、Q均未移动前，P受到的摩擦力一直增大

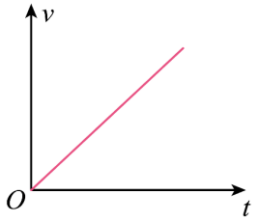
C. P、Q均未移动前，Q受到的摩擦力先减小后增大

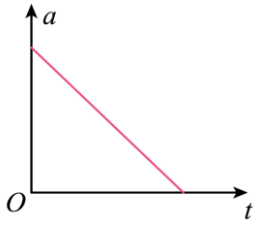
D. P刚开始移动时，P受到的摩擦力大于Q受到的摩擦力

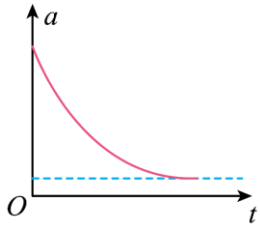
5. 如图所示，将悬吊重物的气球从足够高处由静止释放，不计重物所受空气阻力。已知气球所受空气阻力的大小跟气球运动的速率成正比。图中可能正确反映下落过程中，气球的速率v、加速度大小a、下落时间t之间关系的是（　　）



A. 

B. 

C. 

D. 

6. 我国计划发射嫦娥七号探测器，前往月球搜寻水冰证据。探测器先进入半径为r_1的圆轨道 1 绕月运行，速率为v_1、周期为T_1。为开展精细观测，探测器降至半径为r_2的圆轨道 2 绕月运行，速率为v_2、周期为T_2。假定探测器质量不变，下列说法正确的是（　　）

A. $T_1:T_2=\sqrt{r_1}:\sqrt{r_2}$

B. $v_1:v_2=\sqrt{r_2}:\sqrt{r_1}$

C. 探测器在轨道 2 上的机械能与其在轨道 1 上的机械能相等

D. 相等时间内，探测器与月心连线在轨道 1 上扫过的面积与其在轨道 2 上扫过的面积相等

7. 一物体由静止开始下落的过程中，除受到重力外，还受到大小为 2 倍重力的水平恒力。不计空气阻力。下列说法正确的是（　　）

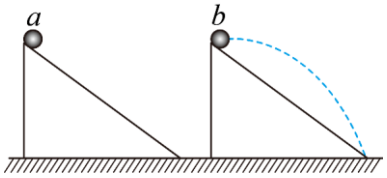
A. 下落过程中，物体做匀变速曲线运动

B. 在下落后的任意时刻，物体水平分速度一定是其竖直分速度的 2 倍

C. 下落过程中的任意时间内，物体动能增加量是其重力势能减少量的$\sqrt{5}$倍

D. 下落过程中的任意时间内，物体机械能增加量是其重力势能减少量的 4 倍

8. 两个小球 a、b（均可视为质点）分别置于两个完全相同的固定光滑斜面顶端。某时刻，a 球由静止释放，b 球被水平抛出、且恰能落至斜面底端，如图所示。不计空气阻力。关于两个小球的运动，下列说法正确的是（　　）



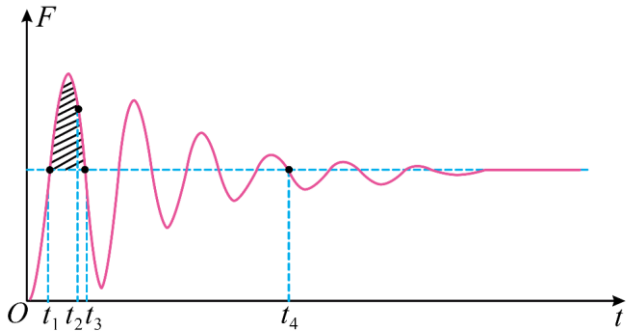
A. 两球同时到达斜面底端

B. 两球到达斜面底端时的速度大小相同

C. 两球均未到达斜面底端前的任意同一时刻，a 球速度小于 b 球速度

D. 从顶端至底端的过程中，两球速度变化量的大小相同

9. 一根轻质橡皮筋下端挂一钩码，上端与固定的拉力传感器相连。用手将钩码移至某位置释放，钩码沿竖直方向振动，传感器的示数F与时间t的关系如图所示。下列说法正确的是（　　）



A. t_2 时刻，钩码正在向下运动

B. t_2 时刻，钩码处于失重状态

C. t_3 时刻钩码所受拉力的功率大于 t_4 时刻钩码所受拉力的功率

D. $t_1 \sim t_3$ 时间内，图中阴影部分的面积表示该过程中钩码动量变化量的大小

10. 落球黏度计是测量液体黏滞系数 η 的常用仪器。测量时，在足够深的竖直玻璃管内充满待测液体，让浸没其中的小球沿轴线由静止释放，小球加速后达到最大速度。已知玻璃管的内径为 D，小球的直径为 d。黏滞阻力大小 F 与速度大小 v 满足 $F=3\pi\eta dv$。在实际测量中，需要考虑以下影响：①由于管壁对小球运动的影响，小球受到液体的黏滞阻力可近似为 $F=3\pi\eta dv\left(1+k\frac{d}{D}\right)$，其中 k 为常数（$k>0$）。②当液体温度发生微小变化 Δt 时，黏滞系数可近似为 $\eta=\frac{\eta_0}{1+\gamma\Delta t}$，其中 η_0 为初始温度下的黏滞系数、γ 为系数（$\gamma>0$）。

根据上述信息，下列说法正确的是（　　）

A. 忽略①和②的影响，小球下落的最大速度与 d 成正比

B. 仅使液体温度降低，小球下落的最大速度将变小

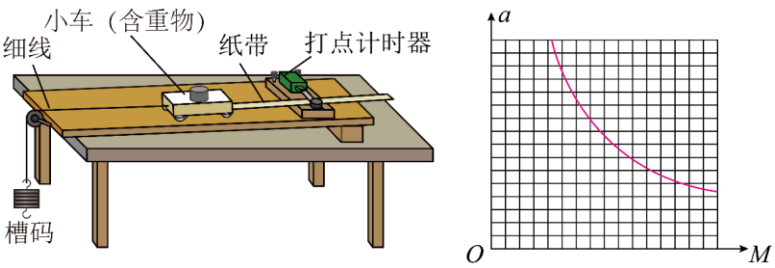
C. 仅换用 D 更小的玻璃管，小球下落的最大速度将变小

D. 下落过程中，小球损失的机械能全部转化为内能

第二部分

二、本部分共 8 题，共 70 分。

11. 用如图所示装置探究加速度与力、质量的关系。



（1）除了图中所给器材以及交流电源、导线和刻度尺外，在下列器材中，还必须使用的器材是_____。（填选项前的字母）

A. 秒表　　B. 天平（含砝码）

（2）实验前，需要思考如何测“力”。为了简化“力”的测量，需要先平衡摩擦力。关于平衡摩擦力，下列操作的正确顺序是_____。（填写序号）

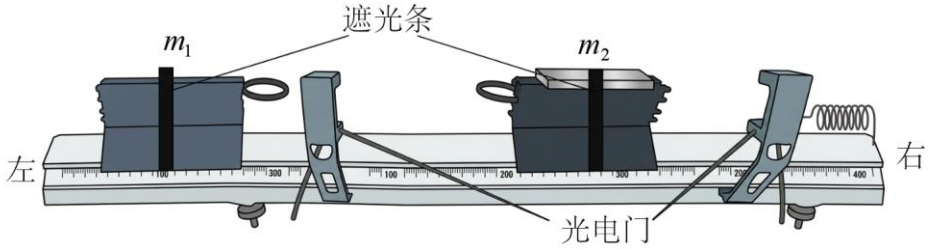
①将打点计时器上的纸带与小车相连，小车另一端不悬挂槽码

②调节木板的倾斜度，使小车能拖动纸带沿倾角合适的木板匀速运动

③把木板的一端垫高，用手给小车一个初速度，让小车在木板上运动

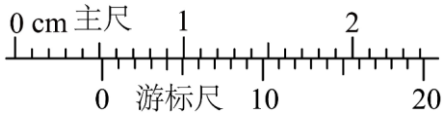
（3）实验中保持小车所受拉力不变，通过增减小车中的重物改变小车的总质量M。某同学在满足实验要求，并进行正确操作后，得到多组不同的M对应的加速度a，并绘出$a-M$图像，如图所示。请根据$a-M$图像，写出a与M成反比的判断依据_____。

12. 甲、乙两组同学研究气垫导轨上滑块碰撞时的动量守恒。



（1）甲组同学用如图所示装置进行研究。实验前，他们先选取两个质量不同的滑块，滑块上均安装有遮光条和弹性碰撞架。

①用如图所示20分度的游标卡尺测量遮光条的宽度d，测得$d=$_____mm。



②实验前，用一个滑块进行如下操作，其中正确的是_____。（填选项前的字母）

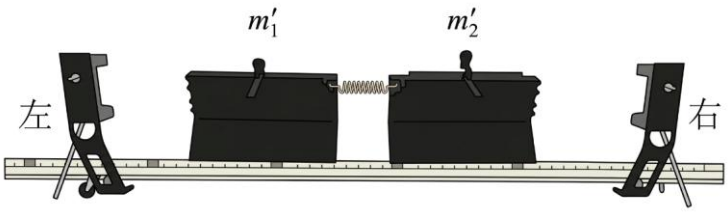
A.导轨未通气时，使导轨一端略高于另一端，以平衡摩擦阻力

B.导轨未通气时，滑块可以静止在导轨上任意位置，说明导轨已调水平

C.导轨通气时，滑块的遮光条先后通过两个光电门的时间相等，说明导轨已调水平

③测得左、右两个滑块（含遮光条和弹性碰撞架）的质量分别为m_1、m_2，遮光条的宽度均为d。调节气垫导轨水平后开始实验，轻推左侧滑块，使其与静止的右侧滑块发生碰撞后，左侧滑块立即反弹。配套的数字计时器记录了左侧滑块的遮光条连续两次通过光电门的时间分别为t_1、t_1'，右侧滑块的遮光条通过光电门的时间为t_2'。在误差允许范围内，满足表达式_____，表明两滑块碰撞前后系统的动量守恒。

（2）乙组同学换用另一套装置进行实验，如图所示。该组同学的操作步骤如下：



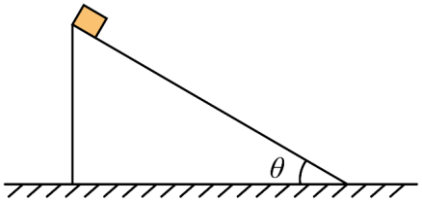
①先将气垫导轨通气；

②在两个滑块间放置轻质弹簧，挤压两个滑块使弹簧压缩，并用一根细线将两个滑块连接，置于气垫导轨上。

③放开两个滑块同时烧断细线，弹簧在极短时间内落下，两个滑块由静止向相反方向运动。

已知左、右两个滑块（含遮光条）质量分别为m_1'、m_2'，两个滑块被弹开后经过光电门测得的速率分别为v_1、v_2。重复多次实验，他们都发现$m_1'v_1 > m_2'v_2$，分析说明产生该结果的可能原因_____。

13. 如图所示，倾角为θ的光滑斜面固定在水平面上。一质量为m的小物块（可视为质点）从斜面顶端由静止下滑。已知斜面长为L，重力加速度为g。求：



（1）物块加速度的大小a；

（2）物块到达斜面底端时速度的大小v；

（3）物块到达斜面底端时重力的瞬时功率P。

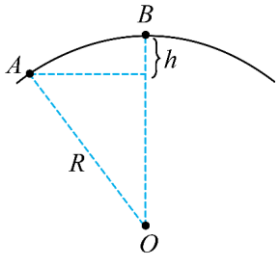
14. 一质量$m = 60\ \mathrm{kg}$的蹦床运动员，从离水平网面高度$h_1 = 3.2\ \mathrm{m}$处自由下落，着网后沿竖直方向蹦回到离水平网面高度$h_2 = 5.0\ \mathrm{m}$处。已知运动员与网接触的时间$t = 0.8\ \mathrm{s}$，取重力加速度$g = 10\ \mathrm{m/s^2}$，不计空气阻力。求：

（1）运动员与网接触的过程中，其动量变化量的大小Δp。

（2）运动员与网接触的过程中，网对运动员平均作用力的大小F。

（3）从自由下落至回到离水平网面高度h_2处的过程中，运动员所受重力冲量的大小I_{G}。

15. 如图所示为半径$R = 50\ \mathrm{m}$的圆弧形拱桥，A、B两处位于桥面上，其中B处为桥顶。有一质量$m = 800\ \mathrm{kg}$的小汽车行驶上桥，先后经过桥面上A、B两处。取重力加速度$g = 10\ \mathrm{m/s^2}$，不计空气阻力。



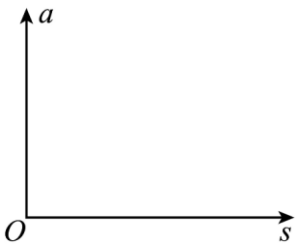
（1）若汽车到达桥顶B处时的速度$v=10\ \mathrm{m/s}$，求桥对汽车支持力的大小F。

（2）汽车在过桥过程中，其对桥面的压力过小是不安全的。图中A处与B处间竖直距离$h=10\ \mathrm{m}$。

a.汽车通过B处时，对于同样的车速，分析说明拱桥圆弧的半径应设计得大些比较安全，还是小些比较安全？

b.为保证行车安全，汽车经过A处不能脱离桥面，求汽车经过A处时的最大速度大小v_{m}。

16. 运动员立定跳远时要经历起跳、腾空和落地三个过程。为研究起跳过程，某同学作如下简化：在起跳过程中，运动员重心从静止开始做与水平方向夹角为θ的直线运动，速度达到最大时双脚离地。该过程中，运动员重心的加速度a与其位移s的关系为$a=a_0\left(1-\dfrac{s}{d}\right)$，已知$a_0$为初始加速度、$d$为最大位移，重力加速度为$g$。不计空气阻力。



（1）研究起跳过程：

a.在图中画出a与s的关系图线。

b.求离地瞬间运动员重心速度的大小v_0。

（2）研究腾空过程，以离地瞬间运动员重心位置为坐标原点，水平向前为x轴正方向，竖直向上为y轴正方向，建立平面直角坐标系。推导$\theta=45°$时腾空阶段运动员重心的轨迹方程。

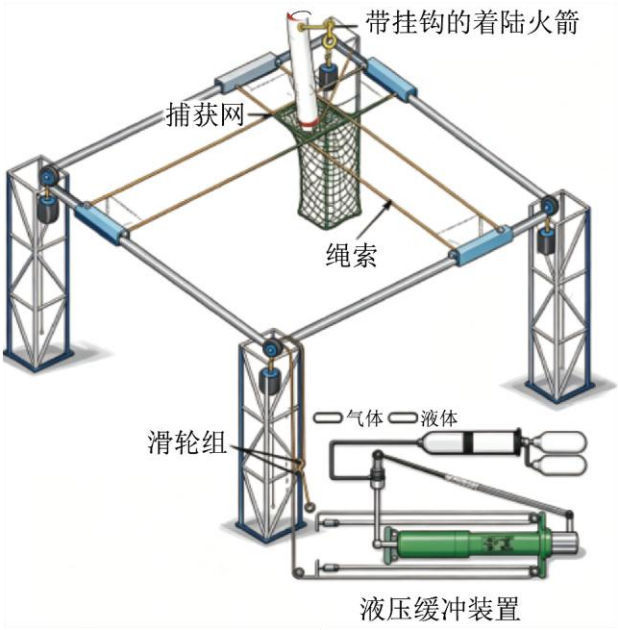
17. 在天文学中，天体运动的周期性现象，往往是新发现的入口。假定太阳系中的天体都在同一平面上运动。

（1）a.在地球、月球系统中，已知地球质量为M，月心到地心间的距离为r，引力常量为G，求月球绕地球做匀速圆周运动的周期$T_{月}$。

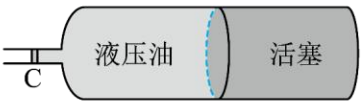
b.当月球、地球、太阳位于同一直线上，且地球位于月球和太阳之间时，月相为满月，也称为望月。已知（1）a 中$T_{月}=27.3\mathrm{d}$，地球绕太阳公转的周期$T_{地}=365\mathrm{d}$。实际观测发现相邻望月的时间间隔大于$T_{月}$。求出现相邻望月的时间间隔T_0。

（2）在对天王星研究的过程中，科学家发现天王星运动的实际数据与理论数据存在差异。因此天文学家猜想天王星轨道外侧还有一颗未知天体也绕太阳做匀速圆周运动。当未知天体靠近天王星时会对天王星的运动产生微小扰动。已知天王星的公转周期为T，每经过kT（k为已知常数）的时间，理论计算出的天王星的位置与其实际位置会出现微小偏差。已知天王星的轨道半径为R，求未知天体的轨道半径R'。

18. 长征十号乙运载火箭完成全球首次海上网系回收，标志着我国在重复使用运载火箭技术领域取得重大突破。网系回收系统由绳索、滑轮组、液压缓冲装置等组成。图甲为火箭网系回收系统示意图。图乙为液压缓冲装置内部水平放置的阻尼器的简化图。利用上述回收系统回收火箭的过程如下：火箭先垂直喷气减速下降进入捕获网，精准卡入“井”字形网中，停止喷气。通过绳索拉动阻尼器，使火箭最终安全停稳。



甲



乙

（1）运动的活塞可推动液压油从阻尼器一端经过一小段细管进入其他装置。已知液压油的密度为ρ，细管的横截面积为S，活塞的横截面积为细管的横截面积的N倍，液压油不可压缩，且不计其黏滞阻力及其与管壁的摩擦力。当活塞以速度v运动时，

a．求液压油在细管中的速度大小u。

b．已知细管截面C处的压强为p_C，求活塞受到的液压阻力f。

（2）火箭接触捕获网后会同时受到阻尼器和绳索、滑轮组的作用使火箭减速。火箭从某一速度持续减速至0的过程可简化为三个阶段，其加速度大小a随时间t的变化，分别为

$$a=\begin{cases}\dfrac{a_0}{t_0}t, & 0\le t\le t_0\\ a_0, & t_0<t\le 2t_0\\ a_0-\dfrac{a_0}{t_0}(t-2t_0), & 2t_0<t\le 3t_0\end{cases}$$

其中a_0、t_0均为已知量。已知火箭总质量为M，重力加速度为g。求该过程中火箭机械能的变化量ΔE。

参考答案

第一部分

一、本部分共 10 题，每题 3 分，共 30 分。在每题给出的四个选项中，有的题只有一个选项是正确的，有的题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。把正确的答案填涂在答题纸上。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	BD	AD	BC	CD	AC	B	BD	CD	C	BC

第二部分

二、本部分共 8 题，共 70 分。

11. 【答案】（1）B　　（2）①③②

（3）绘出 $a-M$ 图像后，在图像上取若干点，计算每个点对应的 $a\times M$ 的值，若在误差允许范围内乘积相等，则证明加速度与质量成反比。

【小问 1 详解】

A．不需要秒表，打点计时器可以计时，故 A 错误；

B．该实验还需要用天平（含砝码）测量小车的质量，故 B 正确。

故选 B。

【小问 2 详解】

将小车放在木板上，后面固定一条纸带，纸带穿过打点计时器，不挂槽码。用垫块把木板一端垫高，接通打点计时器，让小车以一定初速度沿木板向下运动，不断调节木板的倾斜度，直到小车拖动纸带沿木板做匀速运动，可知正确顺序是①③②

【小问 3 详解】

绘出 $a-M$ 图像后，在图像上取若干点，计算每个点对应的 $a\times M$ 的值，若在误差允许范围内乘积相等，则证明加速度与质量成反比。

12. 【答案】（1）　①. 5.20　②. C　③. $\frac{m_1}{t_1}=\frac{m_2}{t_2'}-\frac{m_1}{t_1'}$

（2）气垫导轨左端低于右端

【小问 1 详解】

[1]20 分度游标卡尺精度为 0.05mm，由图可知，遮光条的宽度 $d=5mm+4\times0.05\text{mm}=5.20\text{mm}$

[2]气垫导轨的调平必须在通气状态下验证，导轨通气后，滑块匀速运动时遮光条先后通过两个光电门的时间相等，说明滑块速度不变，导轨已调水平。

故选 C。

[3]取向右为正方向，碰撞前左侧滑块速度为$v_1=\frac{d}{t_1}$

右侧滑块静止；碰撞后左侧滑块反弹速度为$v_1'=-\frac{d}{t_1'}$

右侧滑块速度为$v_2'=\frac{d}{t_2'}$

两滑块碰撞前后系统的动量守恒，则$m_1v_1=m_1v_1'+m_2v_2'$

可得$\frac{m_1}{t_1}=\frac{m_2}{t_2'}-\frac{m_1}{t_1'}$

【小问 2 详解】

两滑块初始静止，烧断细线后系统初始总动量为 0，理论上满足$m_1'v_1=m_2'v_2$

现在$m_1'v_1>m_2'v_2$

说明系统获得了向左的总动量，是因为气垫导轨左端低于右端，滑块的重力分力使左侧滑块向左加速、右侧滑块向右减速，最终左侧滑块的动量大于右侧滑块的动量。

13. 【答案】（1）$a=g\sin\theta$

（2）$v=\sqrt{2gL\sin\theta}$

（3）$P=mg\sin\theta\cdot\sqrt{2gL\sin\theta}$

【小问 1 详解】

对物块受力分析，斜面光滑，物块仅受重力、支持力。沿斜面方向由牛顿第二定律得$mg\sin\theta=ma$

解得$a=g\sin\theta$

【小问 2 详解】

物块沿斜面做初速度为 0 的匀加速直线运动，由运动学公式$v^2-v_0^2=2aL$

代入初速度$v_0=0$、$a=g\sin\theta$，可得$v^2=2gL\sin\theta$

解得$v=\sqrt{2gL\sin\theta}$

【小问 3 详解】

瞬时功率公式为$P=Fv\cos\alpha$

其中α是重力与速度方向的夹角。物块速度沿斜面向下，重力竖直向下，二者夹角为$90^\circ-\theta$，因此

$\cos\alpha=\sin\theta$

解得$P=mg\cdot v\cdot\sin\theta=mg\sin\theta\cdot\sqrt{2gL\sin\theta}$

14. 【答案】（1）动量变化量大小为$1080\,\mathrm{kg\cdot m/s}$

（2）网对运动员的平均作用力大小为$1950\,\mathrm{N}$

（3）重力冲量的大小为$1560\,\mathrm{N\cdot s}$

【小问 1 详解】

竖直向上为正方向，运动员从h_1自由下落，刚接触网时的速度大小：由自由落体公式$v_1^2=2gh_1$

可得$v_1=\sqrt{2gh_1}=\sqrt{2\times10\times3.2}\,\mathrm{m/s}=8\,\mathrm{m/s}$，方向向下

因此初动量$p_1=-mv_1=-60\times8\,\mathrm{kg\cdot m/s}=-480\mathrm{kg\cdot m/s}$。

运动员离开网后竖直上升到h_2，刚离网时的速度大小：由竖直上抛公式$v_2^2=2gh_2$

可得$v_2=\sqrt{2gh_2}=\sqrt{2\times10\times5.0}\,\mathrm{m/s}=10\,\mathrm{m/s}$，方向向上

因此末动量$p_2=mv_2=60\times10\,\mathrm{kg\cdot m/s}=600\mathrm{kg\cdot m/s}$。

动量变化量$\Delta p=p_2-p_1=600\,\mathrm{kg\cdot m/s}-\left(-480\right)\mathrm{kg\cdot m/s}=1080\,\mathrm{kg\cdot m/s}$

【小问 2 详解】

合外力的冲量等于动量变化量。 过程中运动员受向上的平均作用力F、向下的重力mg，因此：

$(F-mg)t=\Delta p$

代入已知条件可得$F=\dfrac{\Delta p}{t}+mg=1950\,\mathrm{N}$

【小问 3 详解】

重力冲量等于重力乘以总作用时间

自由下落时间：由$h_1=\dfrac{1}{2}gt_1^2$，得$t_1=\sqrt{\dfrac{2h_1}{g}}=\sqrt{\dfrac{2\times3.2}{10}}\,\mathrm{s}=0.8\,\mathrm{s}$

离网后竖直上升时间：由$h_2=\dfrac{1}{2}gt_2^2$，得$t_2=\sqrt{\dfrac{2h_2}{g}}=\sqrt{\dfrac{2\times5.0}{10}}\,\mathrm{s}=1.0\,\mathrm{s}$

总时间$t_{总}=t_1+t+t_2=2.6\,\mathrm{s}$

重力冲量大小 $I_G = mg \cdot t_{总} = 60 \times 10 \times 2.6\,\mathrm{N \cdot s} = 1560\mathrm{N \cdot s}$

15. 【答案】（1）$6400\mathrm{N}$

（2）拱桥圆弧的半径应设计得大些比较安全，$20\mathrm{m/s}$

【小问 1 详解】

汽车的速度为 $v = 10\mathrm{m/s}$ 时，对汽车由牛顿第二定律 $mg - F = m\dfrac{v^2}{R}$

解得桥对汽车的支持力大小为 $F = 6400\mathrm{N}$

【小问 2 详解】

a．拱桥圆弧的半径越大，汽车受到的向心力越小，桥对汽车的支持力越大，汽车越安全，所以拱桥圆弧的半径应设计得大些比较安全。

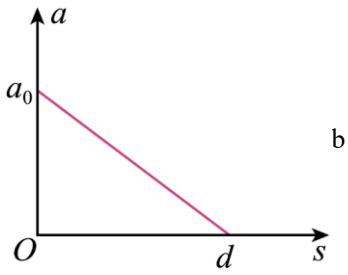
b．汽车经过 A 处恰好脱离桥面时，桥面的支持力为零，设 $\angle AOB = \theta$

根据几何关系可知 $\cos\theta = \dfrac{R-h}{R} = \dfrac{50-10}{50} = \dfrac{4}{5}$

在 A 点由牛顿第二定律即 $mg\cos\theta = m\dfrac{v_{\mathrm{m}}^2}{R}$

代入数据可得汽车经过 A 处时的最大速度大小为 $v_m = 20m/s$

16. 【答案】（1）a．



b．$\sqrt{a_0 d}$

（2）$y = x - \dfrac{g}{a_0 d}x^2$

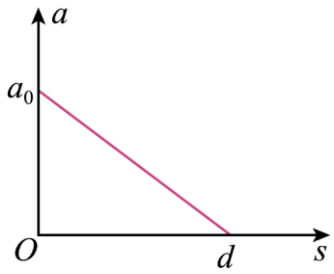
【小问 1 详解】

a．由题意可知加速度与位移的关系式为 $a = a_0\left(1 - \dfrac{s}{d}\right) = -\dfrac{a_0}{d}\cdot s + a_0$

这是一个一次函数（直线）：当 $s = 0$ 时，$a = a_0$

当 $s = d$ 时，$a = 0$

所以图线在 $a - s$ 坐标系中，连接点 $(0, a_0)$ 与点 $(d, 0)$ 的一条倾斜直线。如图所示



b．由 $a-s$ 图像可知，当位移极短时，运动员的加速度可以视为不变，即在极短位移内运动员的运动可以视为匀变速直线运动，由于运动员重心从静止开始做直线运动，即初速度为零，由匀变速直线运动公式 $v^2-v_0^2=2as$ 可知，离地瞬间运动员重心速度的大小满足 $v_0^2=2as$

在 $a-s$ 图像中，as 等于图像围成的面积，即 $v_0^2=2as=2\times\frac{1}{2}a_0d$

解得 $v_0=\sqrt{a_0d}$

【小问 2 详解】

腾空后不计空气阻力，物体做斜抛运动。则初速度分量：$v_{0x}=v_0\cos45^\circ$，$v_{0y}=v_0\sin45^\circ$

由于 $\cos45^\circ=\sin45^\circ=\frac{\sqrt{2}}{2}$，所以 $v_{0x}=v_{0y}=\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$

水平方向（匀速）：$x=v_{0x}t$

竖直方向（匀变速，加速度 $-g$）：$y=v_{0y}t-\frac{1}{2}gt^2$

又有 $v_0^2=a_0d$

联立解得 $y=x-\frac{g}{a_0d}x^2$（$0\le x\le\frac{a_0d}{g}$）

17. 【答案】（1）$T_{月}=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$；$T_0=29.5\mathrm{d}$

（2）$R'=R\left(\frac{k}{k-1}\right)^{\frac{2}{3}}$

【小问 1 详解】

设月球质量为 m，地球质量为 M。万有引力提供月球做圆周运动的向心力 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T_{月}^2}r$

解得 $T_{月}=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

望月时，月球位于地球背离太阳的一侧，即月球、地球、太阳共线，且地球在中间。

月球绕地球公转的角速度为$\omega_{月}=\dfrac{2\pi}{T_{月}}$，地球绕太阳公转的角速度为$\omega_{地}=\dfrac{2\pi}{T_{地}}$

由于地球也在绕太阳公转，太阳相对于地球的方向在不断变化。对地球上的观察者来说，太阳方向的角速度就是地球公转角速度$\omega_{地}$

月球必须比太阳方向多转一圈，才能再次形成相同的望月相位。因此相邻望月的会合角速度为

$\omega_0=\omega_{月}-\omega_{地}$

会合周期为$T_0=\dfrac{2\pi}{\omega_0}=\dfrac{2\pi}{\omega_{月}-\omega_{地}}$

代入角速度表达式$T_0=\dfrac{1}{\dfrac{1}{T_{月}}-\dfrac{1}{T_{地}}}=\dfrac{T_{地}T_{月}}{T_{地}-T_{月}}$

代入数据解得$T_0\approx 29.5\mathrm{d}$

【小问 2 详解】

未知天体位于天王星轨道外侧，因此其公转周期大于天王星的公转周期。

设天王星公转周期为T，未知天体公转周期为T'

当天体靠近天王星时，会对天王星产生扰动。每经过kT时间，天王星的理论位置与实际位置再次出现相同的微小偏差，说明这就是未知天体与天王星的会合周期$T_{会}=kT$

由于天王星在内部，角速度较大，未知天体在外部，角速度较小。两者同向绕太阳公转，会合角速度为

$\omega_{会}=\omega-\omega'=\dfrac{2\pi}{T}-\dfrac{2\pi}{T'}$

会合周期满足$T_{会}=\dfrac{2\pi}{\omega-\omega'}=\dfrac{TT'}{T'-T}$

解得$T'=\dfrac{k}{k-1}T$

由开普勒第三定律$\dfrac{R'^3}{T'^2}=\dfrac{R^3}{T^2}$

联立解得$R'=R\left(\dfrac{k}{k-1}\right)^{\frac{2}{3}}$

18. 【答案】（1）a．$u=Nv$；b．$f=NS[p_C+\dfrac{1}{2}\rho v^2(N^2-1)]$

（2）$-Ma_0t_0^2(2a_0+3g)$

【小问 1 详解】

a．活塞运动时，液压油从阻尼器进入细管的体积不变，可得$u\Delta tS = v\Delta tNS$

解得液压油在细管中的速度$u = Nv$

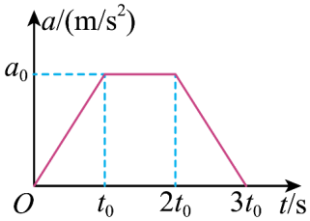
b．设活塞处压强为p_1，取一液压油单元，从活塞处到C处，由动能定理得

$$fv\Delta t - p_C Su\Delta t = \frac{1}{2}\rho Su\Delta t \cdot u^2 - \frac{1}{2}\rho NSv\Delta t \cdot v^2$$

解得$f = NS[p_C + \frac{1}{2}\rho v^2(N^2 - 1)]$

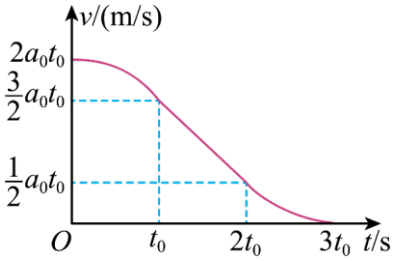
【小问 2 详解】

根据加速度大小a随时间t的变化情况，对应$a-t$图像如图所示



由图像易得火箭接触捕获网时速度$v_0 = \frac{t_0 + 3t_0}{2} \times a_0 = 2a_0t_0$

从触网到减速为零，对应$v-t$图像如图所示



$0 \sim t_0$阶段和$2t_0 \sim 3t_0$阶段，速度在不同的对应时刻变化率相同，由割补法可得$0 \sim 3t_0$位移为

$$x = \frac{3}{2}a_0t_0 \times t_0 + \frac{1}{2}a_0t_0 \times 2t_0 + \frac{1}{2}t_0 \times (\frac{3}{2}a_0t_0 - \frac{1}{2}a_0t_0) = 3a_0t_0^2$$

火箭机械能的变化量$\Delta E = -(\frac{1}{2}Mv_0^2 + Mgx)$

代入数据得$\Delta E = -Ma_0t_0^2(2a_0 + 3g)$