2022北京海淀高三（上）期中

物　理

2022.11

第一部分　本部分共10题，共30分。

1．如图1所示两个完全相同的物块1和物块2之间用轻弹簧连接，用一根不可伸长的轻软细绳悬挂在天花板上并保持静止。剪断细绳的瞬间。物块1和物块2加速度的大小分别为a_1和a_2。已知重力加速度为g，下列说话正确的是

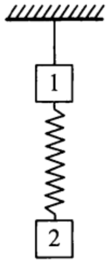


图1

A．$a_1=g$　　B．$a_1>g$

C．$a_2=0$　　D．$a_2>g$

2．图2为一个地球仪绕与其“赤道面”垂直的“地轴”匀速转动的示意图。Q点和P点位于同一条“经线”上，Q点和M点位于“赤道”上，O为球心。下列说法正确的是

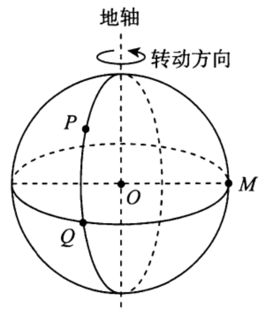


图2

A．Q、P的线速度大小相等

B．Q、M的角速度大小相等

C．P、M的向心加速度大小相等

D．P、M的向心加速度方向均指向O

3．图3为一列沿x轴传播的简谐横波在某时刻的图像，此时$x=3\text{m}$处质点的速度沿y轴正方向。下列说法正确的是

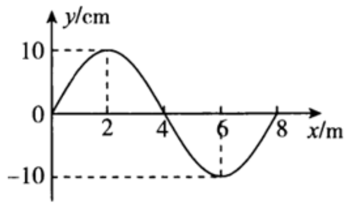


图3

A．该列简谐横波沿x轴正方向传播

B．该时刻，$x=2\text{m}$处的质点速度最大

C．该时刻，$x=4\text{m}$处的质点加速度最大

D．经过1个周期，$x=6\text{m}$处的质点沿x轴移动了8m

4．某同学将一支圆珠笔绑在一根细绳的下端，细绳的上端用胶布固定在地铁的竖直扶手上。地铁沿平直轨道运动，在某段时间内，细绳和笔相对车厢静止，该同学用手机拍摄的一张照片如图4所示，照片的拍摄方向跟地铁前进方向垂直。由此判断该地铁在此段时间内，可能

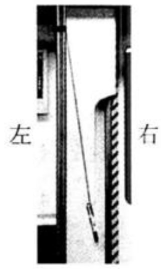


图4

A．向左加速驶出地铁站

B．向左减速驶入地铁站

C．向右加速驶出地铁站

D．向右减速驶入地铁站

5．如图5所示，水平面上有3个完全相同的物块，A、B和C，它们在水平推力F的作用下沿水平面一起加速运动。设它们与水平间的动摩擦因数均为μ，运动过程中物块A与B之间的作用力大小为F_1、物块B和C之间的作用力大小为F_2。下列说法正确的是

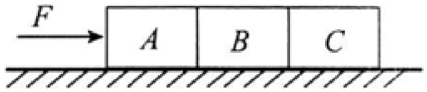


图5

A．若$\mu = 0$，则$F_1 = 2F_2$

B．若$\mu = 0$，则$F_1 = 3F_2$

C．若$\mu \neq 0$，则$F_1 = 2F_2$

D．若$\mu \neq 0$，则$F_1 = 3F_2$

6．如图6所示，在倾角为θ的斜面上，质量为m的物块受到沿斜面向上的恒力F的作用，沿斜面以速度v匀速上升了高度h。已知物块与斜面间的动摩擦因素为μ，重力加速度为g。关于上述过程，下列说法正确的是

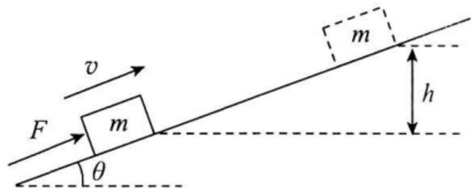


图6

A．合力对物体做功为0

B．合力对物块做功为$\frac{1}{2}mv^2$

C．摩擦力对物块做功为$-\mu mg\cos\theta\frac{h}{\sin\theta}$

D．恒力F与摩擦力对物块做功之和为mgh

7．科学家在南天水蛇座发现由1颗名为“HD10180”的恒星和7颗绕其旋转的行星组成的类太阳系星系。已知行星W到“HD10180”的距离与地球到太阳的距离之比，行星W绕“HD10180”一周所用时间与地球绕太阳一周所用时间之比，行星W绕“HD10180”公转轨道和地球绕太阳的公转轨道都可看作圆。由上述信息可求

A．恒星“HD10180”与太阳的质量之比

B．恒星“HD10180”与太阳的平均密度之比

C．行星W与地球的质量之比

D．行星W与地球的平均密度之比

8．在$t = 0$时刻，将一物体（可视为质点）竖直向上抛出。以抛出点为坐标原点、竖直向上为正方向，忽略空气阻力，图7中能正确反映该物体的动量p随时间t、动能E_k随位移x变化的图像是

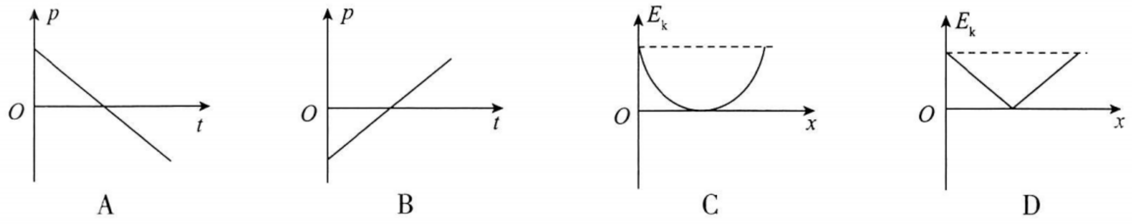


图 7

9．轻弹簧的两端分别与物块A、B相连，它们静止在光滑水平地面上。现使物块A以水平向右的速度v_0开始运动，如图 8 甲所示，并从此时刻开始计时。两物块的速度随时间变化的规律如图 8 乙所示。下列说法正确的是

A．$t=t_1$时，物块A和B的加速度大小相等

B．$t=t_2$时，物块A的速度大小为$0.25v_0$

C．$t_2{\sim}t_3$内，弹簧对两物块的冲量大小相等

D．$t_2{\sim}t_3$内，弹簧对两物块做的功相等

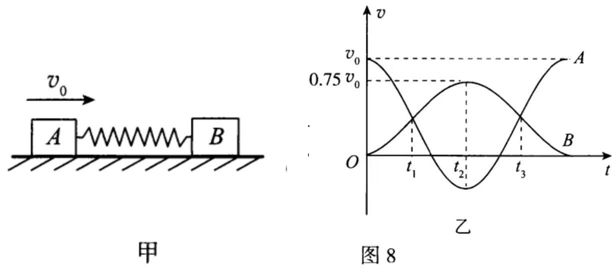


图 8

10．动量p随位移x变化的图像称作相轨，它在理论物理、近代数学分析的发展中扮演了重要的角色。如图 9 甲所示，光滑水平面上有一弹簧振子。现以弹簧原长时物块的位置为坐标原点O，取向右为正方向，建立Ox坐标系。当物块偏离O点的位移为x时，弹簧振子的弹性势能为$\frac{1}{2}kx^2$，其中k为弹簧的劲度系数。当弹簧振子的机械能为E时，该弹簧振子的部分$p{\sim}x$图像如图 9 乙中曲线c所示，M和N分别为曲线c与p轴和x轴的交点。下列说法正确的是

A．曲线c是抛物线的一部分

B．曲线c对应物块从右侧最远处向O点运动的过程

C．该弹簧振子的振幅为$\sqrt{\frac{2E}{k}}$

D．当物块运到振幅一半处时，其动量大小为其动量最大值的$\frac{\sqrt{3}}{2}$

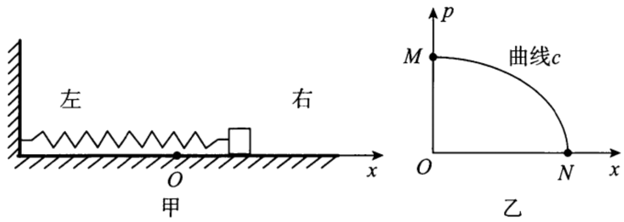


图 9

第二部分

本部分共 8 题，共 70 分。

11．（5 分）某同学用如图 10 所示的装置做“验证动量守恒定律”实验。A、B为两个半径相等、质量分别为m_1和m_2（$m_1>m_2$）的小球，O 点是水平轨道末端在水平地面上的投影。实验时先让入射小球 A 多次从斜面上位置 S 由静止释放，标记出其平均落地点 P，测出射程 OP。然后把被碰小球 B 置于水平轨道末端，仍将入射小球 A 从斜轨上位置 S 由静止释放，与小球 B 相碰，并多次重复该操作，标记出碰后两小球的平均落地点 M、N，测出射程 OM 和 ON。

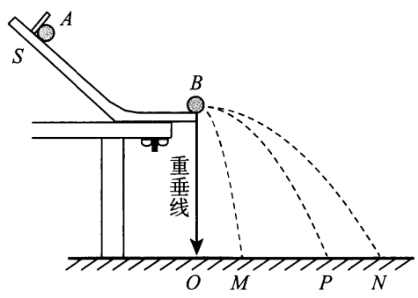


图 10

（1）若两球碰撞前后动量守恒，则m_1、m_2、OM、OP、ON应满足表达式___________。

（2）若两球碰撞为弹性碰撞，则OM、OP、ON还应满足$ON-OM$________OP（选填“>”“=”“<”）

12．用图 11 所示的实验装置研究小车速度随时间变化的规律。

（1）除图 11 中标明的实验器材外，在下列仪器或器材中，还需要的两项是____________。

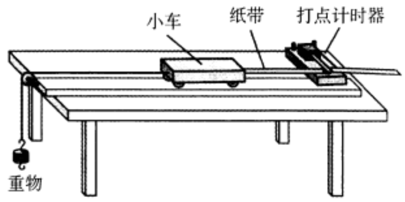


图 11

A．电压合适的50Hz交流电源

B．电压可调的直流电源

C．刻度尺

D．螺旋测微器

E．天平（含砝码）

F．停表

（2）甲同学安装并调整好实验器材。接通电源后，让拖着纸带的小车沿长木板运动，重复几次，打出若干条纸带。从中选出了如图 12 所示的一条纸带并确定出O、A、B、C……计数点（相邻计数点间还有4个计时点没有标出），图中标出了相邻计数点之间的距离。

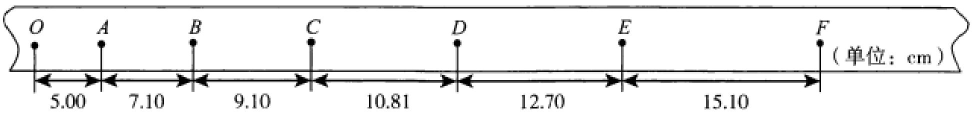


图 12

他根据纸带上的数据，尽可能精确地算出打下B、C、D、E计数点时小车的瞬时速度，记录在表1中，请你在表中补上A点的数据（结果保留3位有效数字）。

表 1

计数点	A	B	C	D	E
瞬时速度$v/(\mathrm{m\cdot s^{-1}})$		0.810	0.996	1.176	1.390

（3）乙同学也正确地完成了上述实验，得到了小车速度v随时间t变化的图线，如图 13 所示，他判断该小车做匀变速直线运动，依据是____________

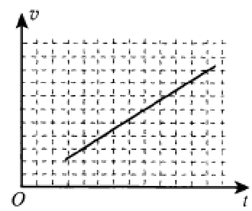


图 13

A．该图线表示小车通过的位移随时间均匀变化

B．该图线表示小车的瞬时速度随时间均匀变化

C．该图线表示小车的加速度随时间均匀变化

（4）落体运动是特殊的匀加速直线运动。在研究落体运动时，伽利略认为最简单的猜想就是速度v正比于通过的位移x或者所用的时间t。他运用逻辑推理的方法，论证了速度v正比于位移x的运动过程是不可能的，论证过程如下：

若速度正比于位移，设物体通过位移x时的速度为v，所用时间$t_1=\frac{x}{v}$；通过2倍位移$2x$时的速度按比例应为$2v$，所用时间$t_2=\frac{2x}{2v}=\frac{x}{v}$，这样一来，通过第1段位移$x$的时间$t_1$与通过全程$2x$的时间$t_2$相同，进而得出通过第2段位移$x$不需要时间的荒谬结论。

因此，落体运动中速度v不能正比于位移x。你是否同意上述伽利略的论证过程，请说明理由。

13．如图 14 所示，一质量$m = 2.0\text{kg}$的物体静止在水平地面上，现用一大小$F = 20\text{N}$、与水平方向成$\theta = 37°$角斜向上的拉力，使物体沿水平地面做匀加速直线运动。已知物块与地面间的动摩擦因数$\mu = 0.5$，$\sin37° = 0.60$，$\cos37° = 0.80$，取重力加速度$g = 10\text{m}/s^2$。

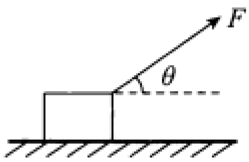


图 14

（1）画出物块的受力的示意图；

（2）求物块加速度的大小a；

（3）求2.0s内物块通过的位移大小x。

14．(8 分)"雪滑梯"是冬季常见的娱乐项目。某"雪滑梯"由倾角$\theta = 37°$的AB段和水平BC段组成，二者在B点通过一段长度可忽略不计的弧形轨道平滑连接，如图 15 所示。用一质量$m = 60.0\text{kg}$的滑块K(可视为质点)代替载有人的气垫，滑块K从A点由静止释放后沿AB做匀加速运动，下滑过程的加速度大小$a = 2.0\text{m}/s^2$。已知AB段长度$L = 25.0\text{m}$，$\sin37° = 0.60$，$\cos37° = 0.80$，取重力加速度，$g = 10\text{m}/s^2$，忽略空气阻力。

(1)求滑块K与AB段滑道的动摩擦因数μ；

(2)求从A点运动到B点的过程中，滑块K所受重力冲量的大小I；

(3)若滑块K与BC段滑道的动摩擦因数仍为μ。滑块K滑下后，必须在C点之前停下，求BC段的最小长度d。

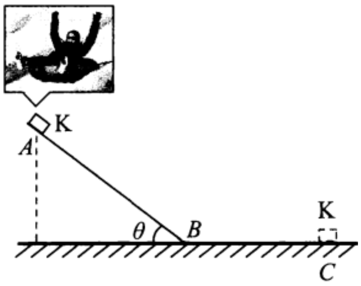


图 15

15．(8 分)环保人员在一次检查时发现，有一根排污管正在沿水平方向向河道内排出大量污水，如图 16 所示。水流稳定时，环保人员测出了管口中心到河面的高度H，喷出污水的水平射程为L，管口的直径为D(D远小于H)。设污水充满整根管道，管口横截面上各处水的速度相同，忽略空气阻力，已知重力加速度为g。求：

(1)污水从排污管喷出时初速度的大小v_0；

(2)污水落至河面时速度的大小v；

(3)由管口至河面间空中污水的体积A。

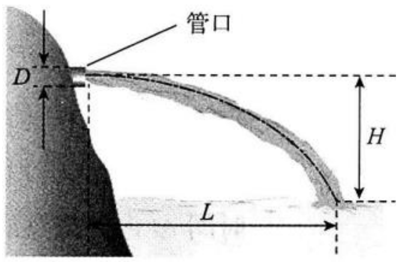


图 16

16．(9 分)如图 17 所示，AB段是长为$5R$的粗糙水平轨道，BC段是半径为R的光滑竖直半圆形轨道，两段轨道在B点处平滑连接，质量均为m的滑块1和滑块2分别静止于A点和B点。现用力F对滑块1施加一水平向右的瞬时冲量，使其以$6\sqrt{gR}$的初速度沿轨道AB运动，与滑块2发生碰撞，碰后二者立即粘在一起沿轨道BC运动并通过C点。已知两滑块与水平轨道AB间的动摩擦因数$\mu = 0.4$，半圆形轨道的直径BC沿竖直方向，重力加速度为g，滑块1和2均可视为质点。求：

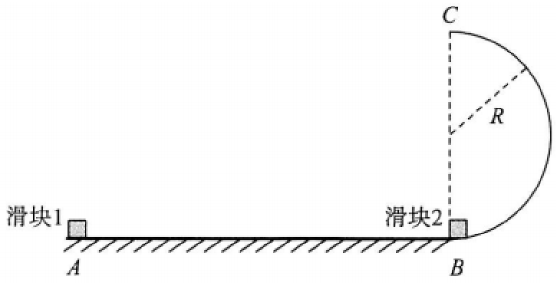


图 17

(1)力F对滑块1所做的功W；

(2)滑块1和滑块2组成的系统在碰撞过程中损失的机械能$E_{损}$；

(3)滑块1和滑块2经过C点时对轨道压力的大小$F_{压}$。

17．（10 分)开普勒用二十年的时间研究第谷的行星观测数据，分别于 1609 年和 1619 年发表了下列定律：

开普勒第一定律 所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆，太阳处在椭圆的一个焦点上。

开普勒第二定律 对任意一个行星来说，它与太阳的连线在相等的时间内扫过的面积相等。

开普勒第三定律 所有行星轨道的半长轴a的三次方跟它的公转周期T的二次方的比都相等，即$a = \frac{a^3}{T^2} = k$，k是一个对所有行星都相同的常量。

(1)在研究行星绕太阳运动的规律时，将行星轨道简化为一半径为r的圆轨道。

a．如图 18 所示，设行星与太阳的连线在一段非常非常小的时间Δt内，扫过的扇形面积为Δs。求行星绕太阳运动的线速度的大小v，结合开普勒第二定律证明行星做匀速圆周运动；(提示:扇形面积 $= \frac{1}{2} \times$ 半径 $\times$ 弧长)

b．请结合开普勒第三定律、牛顿运动定律，证明太阳对行星的引力F与行星轨道半径r的平方成反比。

(2)牛顿建立万有引力定律之后，人们可以从动力学的视角，理解和解释开普勒定律。已知太阳质量为M_S、行星质量为M_P、太阳和行星间距离为L、引力常量为G，不考虑其它天体的影响。

a．通常认为，太阳保持静止不动，行星绕太阳做匀速圆周运动。请推导开普勒第三定律中常量k的表达式；

b．实际上太阳并非保持静止不动，如图 19 所示，太阳和行星绕二者连线上的O点做周期均为T_0的匀速圆周运动。依照此模型，开普勒第三定律形式上仍可表达为$\frac{L^3}{T_0^2} = k'$。请推导k'的表达式(用M_S、M_P、L、G和其它常数表示)，并说明$k' \approx k$需满足的条件。

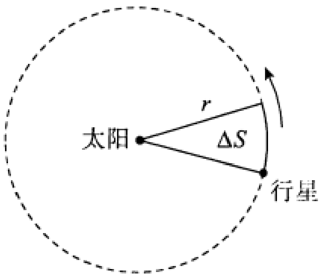


图 18

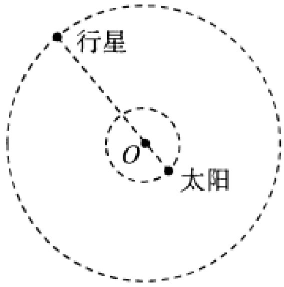


图 19

18.（12 分）压强表示单位面积上压力的大小，是物理学中的重要概念。

（1）请导出压强的单位Pa（帕）与基本单位m（米）、kg（千克）和s（秒）之间的关系。

（2）单个粒子碰撞在某一平面上会产生一个短暂的作用力，而大量粒子持续碰撞会产生一个持续的作用力。一束均匀粒子流持续碰撞一平面，设该束粒子流中每个粒子的质量均为m、速度大小均为v，方向都与该平面垂直，单位体积内的粒子数为n，粒子与该平面碰撞后均不反弹，忽略空气阻力，不考虑粒子所受重力以及粒子间的相互作用。求粒子流对该平面所产生的压强P。

（3）理论上可以证明：**质量分布均匀的球壳对壳内物体的万有引力为零**。利用该规律可给出一种计算恒星中心压强的模型：

恒星内部的热核反应会向外辐射大量的电磁波，当辐射产生的扩张压力与万有引力所产生的收缩压力平衡时，恒星变稳定下来。

设想处于稳定状态的恒星是一质量分布均匀、密度为ρ、半径为R的球体。选取该恒星内部一距恒星中心为r（$r \ll R$）、厚度为Δr（$\Delta r \ll r$）的小薄片A，如图 20 所示，已知辐射所产生的扩张压力在A的内、外表面引起的压强差的绝对值为ΔP，引力常量为G，忽略其他天体的影响。

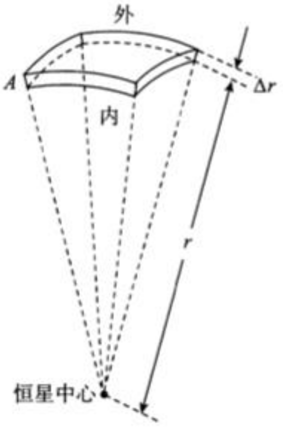


图 20

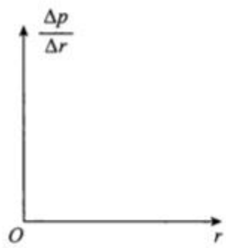


图 21

a．推导$\frac{\Delta P}{\Delta \mathrm{r}}$和$r$之间的关系式，并在图 21 中定性画出$\frac{\Delta P}{\Delta \mathrm{r}}$随$r$变化的图像

b．若恒星表面处扩张压力产生的压强为零，求恒星中心处的压强P_c

参考答案

第一部分

本部分共 10 题，共 30 分。

1．
【答案】BC
【解析】设小球的质量为m，对物体 2 分析，根据平衡条件可知开始弹簧的弹力为:$F=mg$，剪断细绳的瞬间，弹簧的弹力不变，对物体 1 受力分析，物体 1 受向下的重力和弹簧的弹力；
由牛顿第二定律可知:加速度$a_1=\frac{2mg}{m}=2g$，方向竖直向下，故 A 错，B 正确；
对物体 2 受力分析，由于弹簧的弹力不变，则物体 2 的合力为零，加速度$a_2=0$，故 C 正确，D 错误。故选 BC
2．【答案】B
【解析】P、Q、M三点在同一地球仪上做圆周运动，其角速度相同，B 正确；
由于$v=\omega r$，且Q、P到地轴垂直距离不等，所以Q、P线速度大小不相同，故 A 错误；
又由于向心加速度$a=\omega^2 r$，且P、M到地轴垂直距离不等，所以P、M的向心加速度大小不相等，故 C 错误；
三点的向心加速度方向均垂直于地轴，故 D 错误；
3．【答案】A
【解析】
A．由于$x=3\mathrm{m}$处质点的速度向上，由同侧法可知波向右传播；A 正确；
B．$x=2\mathrm{m}$处的质点处在波峰位置，故速度为零，B 错误；
C．$x=4\mathrm{m}$处的质点在平衡位置，回复力为零，故加速度也为零，C 错误；
D．质点只围绕平衡位置上下振动，不随波迁移，沿x轴没有位移，D 错误。
4．【答案】AD
【解析】圆珠笔的合力向左，加速度向左，故地铁的加速度也向左，地铁如果向左运动，则是加速运动，A 正确，B 错误；地铁如果向右运动，则是减速运动，D 正确，C 错误。
5．【答案】AC
【解析】设A、B、C三个物体向右运动的共同加速度为a，
以C为研究对象，由牛顿第二定律可得：$F_2-\mu mg=ma$，则$F_2=\mu mg+ma$；
以B、C整体为研究对象，由牛顿第二定律可得：$F_1-2\mu mg=2ma$，则$F_1=2\mu mg+2ma$；
故不管μ是否为0，$F_1=2F_2$都成立，AC 正确。
6．【答案】ACD
【解析】
由动能定理：$W_{合}=\Delta E_k=0$，故 A 正确，B 错误；
滑动摩擦力:$f=\mu mg\cos\theta$，$W_f=-fx=-\mu mg\cos\theta\frac{h}{\sin\theta}$故 C 正确
由动能定理：$W_F+W_f-mgh=\Delta E_k=0$，所以$W_F+W_f=mgh$故 D 正确
7．【答案】A
【解析】
已知行星的轨道半径和公转周期，可$G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}R$由推导得，中央恒星的质量为$M=\frac{4\pi^2R^3}{GT^2}$，故可以求得恒星
“HD10180”得质量与太阳的质量之比，A 正确；
因恒星和太阳的半径比未知，故不能求二者的密度之比，B 错误；
行星与地球的半径之比未知，故不能求得二者的质量之比和密度之比，C、D 错误。
8．【答案】A
【解析】由动量定理得$mgt=\Delta P$，mg是定值，且方向向下，故$p-t$图像斜率应该为定值且为负数，由于物体做竖直上抛，所以初始速度向上图像在正半轴，后物体下落速度向下图像在负半轴，故 A 对，B 错误；
由动能定理得$mgx=\Delta E_k$，mg是定值，所以图像应该为一次函数且只存在于第一象限，故 CD 错误。

9.【答案】BC
【解析】由题意可得，A、B 构成的系统在水平面上动量守恒，则$\Delta p_A = \Delta p_B$，观察乙图可知，$0\sim t_1$时刻，$\Delta v_A > \Delta v_B$，故$m_1 \neq m_2$，由$a=\frac{F}{m}$知，对 A、B 弹力相等，加速度不等，A 错误；
B 动量守恒，机械能守恒，由图乙可得，t_2时刻，弹簧恢复原长，则有
$m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$，$\frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$
此时$v_2 = 0.75v_0$，可解得$v_1 = 0.25v_0$，$m_1 = 0.6m_2$，故 B 正确；
$t_2\sim t_3$内，A、B 之间弹力大小相等，运动时间相同，由冲量定义可得，弹簧对两物块的冲量大小相等，C 正确；
$t_2\sim t_3$内，由乙图可得，A、B 图像与坐标轴所围面积不同，故位移不等，所以做功不相等，D 错误。
10.【答案】CD
【解析】由题意可得，弹簧振子的机械能包括两部分，弹性势能和动能，有

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

题中给出图像为$p\sim x$图像，可化简上式
$mv = \frac{2E}{v} - \frac{kx^2}{v}$,
可以看出，x^2的系数是个变量，故不是抛物线一部分，A 错误
从右侧最远处向 O 点运动，速度方向向左，为负，和图像不符，B 错误；
弹簧振子振幅最大时，速度为零，将$v=0$代入$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$可得出振幅，为$\sqrt{\frac{2E}{k}}$，C 正确；
将振幅的一半代入$E_{弹} = \frac{1}{2}kx^2$可得，此时弹性势能是总能量的$\frac{1}{4}$，故动能为总能量的$\frac{3}{4}$，根据$E_k = \frac{1}{2}mv^2$可知此时的速度为最大速度的$\frac{\sqrt{3}}{2}$，所以动量大小即为最大动量大小的$\frac{\sqrt{3}}{2}$，故 D 正确。

第二部分

本部分共 8 题，共 70 分。

11.【答案】(1) $m_1OP = m_1OM + m_2ON$；(2) =
【解析】(1) 两球碰撞过程系统动量守恒，以向右为正方向，由动量守恒定律得：

$$m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$$

小球离开轨道后做平抛运动，抛出点高度相同，在空中的运动时间相同，上式两边同时乘以 t 得

$$m_1v_0t = m_1v_1t + m_2v_2t$$

则$m_1OP = m_1OM + m_2ON$
若两球为弹性碰撞，由机械能守恒得

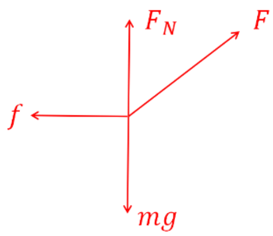
$$\frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$$

联立动量守恒式，可得$OP + OM = ON$，则$ON - OM = OP$
12.
【答案】(1) AC；(2) 0.605；(3) B；(4) 不同意，因为伽利略混淆了平均速度和瞬时速度的概念
【解析】
(1) 打点计时器本身就可以记录点间时间，且在匀变速直线运动中质量不是决定因素，因此选择 AC。
(2) 根据平均速度等于中时速可得：

$$v_A = \frac{x_{OB}}{t_{OB}} = \frac{5.00 + 7.10}{0.2} = 0.605\text{m/s}$$

(3) 匀变速直线运动是加速度不变，速度随时间均匀变化的运动，因此选择 B。
(4) 不同意，求证过程混淆了平均速度和瞬时速度。
13.
【答案】(1) 见解析；(2) $6\text{m}/s^2$；(3) 12m
【解析】

（1）受力分析如图所示。



（2）在水平方向和竖直方向建立坐标系，根据牛顿第二定律可得：

$$F\cos37° - f = ma$$

根据竖直方向受力平衡可得：

$$F_N + F\sin37° = mg$$

根据滑动摩擦力公式可得：

$$f = \mu F_N$$

联立解得：

$$a = 6\mathrm{m}/s^2$$

（3）根据匀变速直线运动的公式可得：

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

解得：

$$x = 12\mathrm{m}$$

14.
【答案】（1）0.5（2）$3000\mathrm{N}\cdot\mathrm{S}$（3）10m
【解析】
（1）根据匀加速运动可得：$mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma$　　得：$\mu = 0.5$
（2）根据匀加速运动可得：$L = \frac{1}{2}at^2$　　得：$t = 5\mathrm{s}$
$I = mgt$　　得：$I = 3000\mathrm{N}\cdot\mathrm{S}$
（3）设BC段的加速度为a'
根据匀加速运动可得：$v_B^2 - 0 = 2aL$
$\mu mg = ma'$
联立解得：$a' = 5\mathrm{m/s^2}$
根据匀加速运动可得：$0 - v_B^2 = 2a'd$
联立解得：$d = 10\mathrm{m}$
15.
【答案】（1）$L\sqrt{\frac{g}{2H}}$（2）$\sqrt{2gL\left(1+\frac{L^2}{4H^2}\right)}$（3）$\frac{\pi D^2 L}{4}$
【解析】
（1）根据平抛运动可得：$L = v_0 t$　　　$H = \frac{1}{2}gt^2$
得：$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$　　　$v_0 = L\sqrt{\frac{g}{2H}}$
（2）根据匀变速运动可得：$v^2 - v_0^2 = 2gH$　得：$v = \sqrt{2gH + \frac{gL^2}{2H}} = \sqrt{2gL\left(1+\frac{L^2}{4H^2}\right)}$
（3）$S = \pi\left(\frac{D}{2}\right)^2$　　　$A = SL$　得：$A = \frac{\pi D^2 L}{4}$
16、（9 分）
【答案】（1）$18mgR$；（2）$10mgR$；（3）$6mg$
【解析】
（1）题知$V_0 = 6\sqrt{gR}$，根据动能定理得：

$$W = \frac{1}{2}mV_0^2$$

解得：

$$W = 18mgR$$

（2）由A到B，根据动能定理得：

$$-\mu mgL = \frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_0^2$$

解得：

$$V_B = 4\sqrt{2gR}$$

根据动量守恒定律得：

$$mV_B = 2mV_{共}$$

解得：

$$V_{共} = \frac{\sqrt{40gR}}{2}$$

由能量守恒得：

$$E_{损} = \frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_{共}^2$$

解得：

$$E_{损} = 8mgR$$

（3）由B到C，根据动能定理得：

$$-mg2R = \frac{1}{2}mV_C^2 - \frac{1}{2}mV_{共}^2$$

解得：

$$V_C = \sqrt{4gR}$$

根据向心力方程得：

$$2mg + F_{支} = 2m\frac{V_C^2}{R}$$

解得：

$$F_{支} = 6mg$$

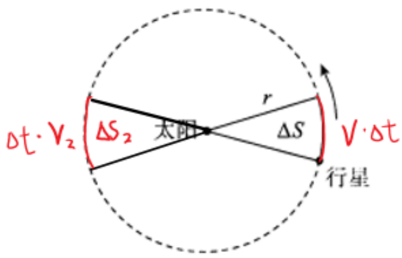
由牛顿第三定律得：

$$F_{压} = F_{支} = 6mg$$

17.【答案】（1）a、$v = \frac{2\Delta s}{r\Delta t}$，证明见解析；b、证明见解析（2）证明见解析

【解析】

（1）a．由扇形面积 $= \frac{1}{2} \times$ 半径 $\times$ 弧长得：



$$\Delta s = \frac{1}{2}rL$$

弧长等于速度乘以时间得：

$$L = v\Delta t$$

联立解得：

$$v = \frac{2\Delta s}{r\Delta t}$$

设L_2为左边扇形的弧长，V_2为左边的速度，

由开普勒第二定律，在相等的时间Δt内：

$$\Delta s = \Delta s_2$$

在相等的时间Δt内，右边的扇形面积为：

$$\Delta s = \frac{1}{2}rL = \frac{1}{2}r(v\Delta t)$$

在相等的时间Δt内，左边的扇形面积为：

$$\Delta s_2 = \frac{1}{2}rL_2 = \frac{1}{2}r(v_2\Delta t)$$

联立解得：

$$v = v_2$$

任意两点的线速度大小相等，即可证明行星做匀速圆周运动。

b．线速度公式：

$$v=\frac{2\pi r}{T}$$

带入向心力公式：

$$F=m\frac{v^2}{r}$$

得：

$$F=m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

开普勒第三定律：

$$\frac{r^3}{T^2}=k$$

联立解得：

$$F=\frac{4mk\pi^2}{r^2}$$

即：

$$F\propto\frac{1}{r^2}$$

（2）a．根据万有引力与向心力公式可得：

$$G\frac{M_S M_P}{L^2}=M_P\frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

由开普勒第二定律得：

$$\frac{L^3}{T^2}=k$$

联立解得：

$$\frac{GM_S}{4\pi^2}=k$$

即：

$$k=\frac{GM_S}{4\pi^2}$$

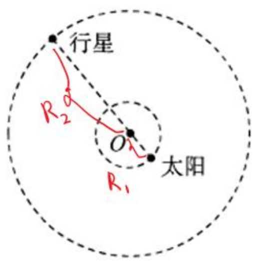
b．设R_1，R_2分别为太阳到中心的距离，行星到中心的距离，太阳与行星转动角速度为ω，

对太阳：根据万有引力与向心力公式可得：

$$G\frac{M_S M_P}{L^2}=M_S\omega^2 R_1$$

对行星：根据万有引力与向心力公式可得：

$$G\frac{M_S M_P}{L^2}=M_p\omega^2 R_2$$



$$R_1+R_2=L$$

联立上面三个表达式解得：

$$R_1=\frac{M_P}{M_S+M_P}L$$

将R_1带入太阳的万有引力与向心力公式：

$$G\frac{M_S M_P}{L^2}=M_S\omega^2 R_1$$

可得：

$$G（M_S+M_P）=\omega^2 L^3$$

由周期与角速度公式得：

$$\omega=\frac{2\pi}{T_0}$$

联立上面两个表达式解得：

$$G\frac{(M_S+M_P)}{4\pi^2}=\frac{L^3}{T_0^2}$$

由题知：

$$\frac{L^3}{T_0^2}=k'$$

联立上面两个表达式解得：

$$G\frac{(M_S+M_P)}{4\pi^2}=k'$$

由 a 问知：

$$\frac{GM_S}{4\pi^2}=k$$

联立上面两个表达式可得：

$$\frac{k'}{k}=\frac{M_s+M_p}{M_s}=1+\frac{M_p}{M_s}$$

由于$M_S \gg M_P$，故

$$k'\approx k$$

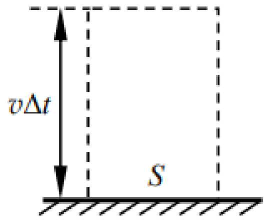
18.

【答案】（1）$1\text{Pa}=1\text{kg/s}^2\text{m}$（2）$P=\frac{F}{S}=nmv^2$（3）a．图像见解析 b．$P=\frac{2}{3}\pi G\rho^2R^2$

【解析】

（1）根据压强的定义$p=\frac{F}{S}$和1N的定义$1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}^1\cdot\text{s}^{-2}$，有

$$1\text{Pa}=\frac{1\text{N}}{1\text{m}^2}=1\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$$

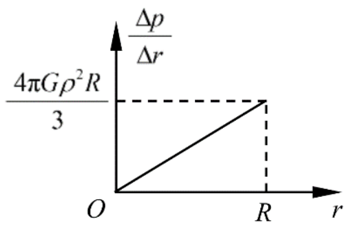


答图 3

（2）1 个粒子与平面碰撞一次，对平面的冲量大小 $I_0=mv$建立如答图 3 所示，以平面上S为底，以$v\Delta t$为高的柱体模型，由题设可知，其内的粒子在Δt时间内与平面相碰的粒子总数$N=n\cdot S\cdot v\Delta t$。因此，在$\Delta t$时间内粒子对平面的总冲量$I=N\cdot I_0=nmSv^2\Delta t$根据动量定理以及牛顿第三定律，可得面积为$S$的器壁受到粒子流碰撞所产生的压力大小$F=\frac{I}{\Delta t}=nmSv^2$

根据压强定义，可知粒子流对该平面产生的压强

$$p=\frac{F}{S}=nmv^2$$



答图 4

（3）a．因为A受到引力和热核反应引起的压力而处于平衡态，因为辐射所导致的扩张压力在A的内、外表面的压力差F压，等于A所受万有引力F引（半径r以内的那部分恒星对A的引力），即

$$\Delta F_{压}=F_{引}$$

设A的质量为mA、下表面的面积为S，半径r以内的那部分恒星的质量为M_r。再根据压强的定义$\Delta p=\frac{\Delta F_{压}}{S}$，有

$$\Delta p\cdot S=\frac{G\cdot M_r\cdot\Delta m_A}{R^2}$$

其中$M_r=\frac{4}{3}\pi r^3\rho$、$\Delta m_A=\rho\cdot S\Delta r$，代入上式得

$$\frac{\Delta p}{\Delta r}=\frac{4\pi G\rho^2}{3}r$$

即$\frac{\Delta p}{\Delta r}$与$r$成正比，因此其图像为为一条过原点的直线，如答图 4 所示。

b．答图 4 中，$\frac{\Delta p}{\Delta r}-r$图像中图线与$r$轴所围三角形面积表示该恒星内部压强的总变化量，即恒星中心压强 p_c与恒星外表面压强$p_{表}$之差，因此有

$$\frac{1}{2}\cdot R\cdot\frac{4\pi G\rho^2R}{3}=p_c-p_{表}$$

由题目可知，$p_{表}=0$，所以可得

$$p_c=\frac{2\pi G\rho^2R^2}{3}$$