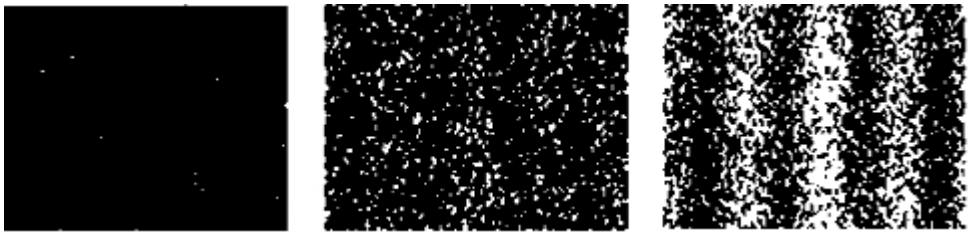
2018 北京房山高三二模

物　　理

一、选择题（共 8 小题，每小题 6 分，满分 48 分）

1．用电子做双缝干涉实验，下面三幅图分别为 100 个、3000 个、7000 个左右的电子通过双缝后，在胶片上出现的干涉图样。该实验表明（　　）



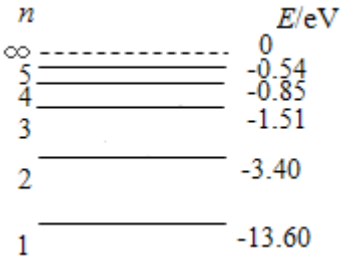
A．电子具有波性，不具有粒子性

B．电子具有粒子性，不具有波动性

C．电子既有波动性又有粒子性

D．电子到达胶片上不同位置的概率相同

2．如图所示为氢原子的能级示意图，大量氢原子处于 n＝3 的激发态，在向较低能级跃迁的过程中向外发出光子，用这些光照射逸出功为 2.29eV 的金属钠，下列说法中正确的是（　　）



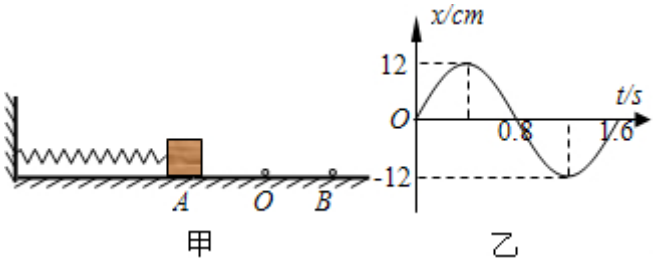
A．这些氢原子能发出两种不同频率的光子

B．从 n＝3 跃迁到 n＝2 所发出光子的波长最短

C．金属钠发出的光电子的最大初动能为 9.80 eV

D．从 n＝3 跃迁到 n＝1 所发出的光子频率最低

3．如图甲所示，弹簧振子以点 O 为平衡位置，在 A、B 两点之间做简谐运动。取向右为正方向，振子的位移 x 随时间 t 的变化如图乙所示，下列说法正确的是（　　）



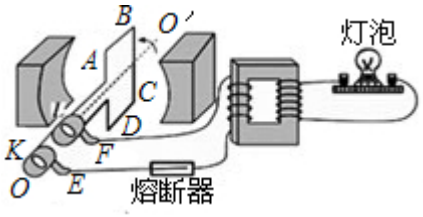
A．t＝0.2s 时，振子在 O 点左侧 10cm 处

B．t＝0.1s 和 t＝0.3s 时，振子的速度相同

C．t＝0.5s 和 t＝0.7s 时，振子的加速度相同

D．从 t＝0.2s 到 t＝0.4s，系统的势能逐渐增加

4．某兴趣小组利用如图所示装置给小灯泡供电。矩形闭合导线框 ABCD 处于磁感应强度大小为 B 的水平匀强磁场中，线框电阻不计。线框绕垂直于磁场的轴 OO′ 以角速度 ω 匀速转动，并通过变压器给小灯泡供电。下列说法正确的是（　　）



A．图示位置穿过线框的磁通量为零

B．图示位置线框产生的感应电动势为零

C．使用变压器的目的是提高输出功率

D．若灯泡偏暗，可通过增加原线圈匝数来提高灯泡亮度

5．2017 年 6 月 19 日，在中国西昌卫星发射中心由长征三号乙运载火箭发射升空的“中星 9 号”刚发射不久，就因运载火箭出现异常状况，没有到达目标轨道。然而这颗“被丢在半路”的卫星并没有被中国科研人员放弃，在地面遥控指挥下，卫星依靠自身的燃料在太空中用了 16 天独自爬升 2 万公里，终于到达预定轨道。从此，这颗卫星被网友亲切地称为“星坚强”。假设“星坚强”在地球上空某高度处做圆周运动，运行速度为 v_1．若它需要进入更高轨道才能到达预定轨道，预定轨道上卫星的运行速度为 v_2．对这一变轨过程及变轨前后的速度对比正确的是（　　）

A．发动机向后喷气进入高轨道，$v_1>v_2$

B．发动机向后喷气进入高轨道，$v_1<v_2$

C．发动机向前喷气进入高轨道，$v_1>v_2$

D．发动机向前喷气进入高轨道，$v_1<v_2$

6．应用物理知识分析生活中的常见现象，可以使物理学习更加有趣和深入。例如人原地起跳时，总是身体弯曲，略下蹲，再猛然蹬地，身体打开，同时获得向上的初速度，双脚离开地面。从开始蹬地到双脚离开地面的整个过程中，下列分析正确的是（　　）

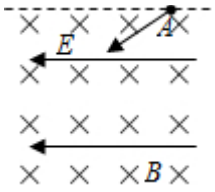
A．地面对人的支持力始终等于重力

B．地面对人的支持力的冲量大于重力的冲量

C．人原地起跳过程中地面对人做正功

D．人与地球所组成的系统机械能是守恒的

7．如图所示，质量为 m，带电荷量为 - q 的微粒以速度 v 与水平方向成 45° 角进入正交的匀强电场和匀强磁场，磁场方向垂直纸面向里，电场方向水平向左，重力加速度为 g。如果微粒做直线运动，则下列说法正确的是（　　）



A．微粒一定做匀速直线运动

B．微粒受电场力、洛伦兹力两个力作用

C．匀强电场的电场强度 $E=\frac{2mg}{q}$

D．匀强磁场的磁感应强度 $B=\frac{mg}{qv}$

8．常见的使物体带电的方法有以下几种，分别是①接触起电；②摩擦起电；③静电感应；④电介质的极化。电介质的极化原理是：一些电介质（绝缘体）的分子在受到外电场的作用时，在跟外电场垂直的两个表面上会出现等量的正、负电荷，这种电荷不能离开电介质，也不能在电介质内部自由移动，叫做束缚电荷。下列选项中正确的是（　　）

A．静电感应及电介质极化后，内部场强均处处为零

B．用带电体靠近纸屑时，纸屑会被吸引，这是因为纸屑通过静电感应方式带了电

C．用丝绸摩擦后的玻璃棒靠近验电器的金属球时，靠近金属球时和接触金属球后验电器的金属箔片都会张开一定角度，这两种情况下金属箔片所带电性不同

D．用毛皮摩擦橡胶棒，并用橡胶棒接近碎纸屑，部分纸屑被吸引后马上从橡胶棒上弹开，这一过程的起电方式包括摩擦起电、电介质的极化、接触起电

二、非选择题（共 5 小题，满分 72 分）

9．（3 分）在做“油膜法测分子直径”实验中，在哪些方面做了理想化的假设_____（至少写出 2 条）。

10．（15 分）某研究性学习小组欲用如图所示的电路，测定一节干电池的电动势和内阻。因电池的内阻较小，为了防止在调节滑动变阻器时造成短路，电路中用一个定值电阻 R_0 起保护作用。除电池、开关和导线外，可供选用的实验器材还有：

电流表：A（量程 0～0.6A，内阻约为 0.1Ω）；（量程 0～3A，内阻约为 0.05Ω）；

电压表：V（量程 0～3V，内阻约 6kΩ）；

定值电阻：R_0（阻值 1Ω）；（阻值 10Ω）；

滑动变阻器：R（阻值范围 0～10Ω、额定电流 2A）；（阻值范围 0～1kΩ、额定电流 1A）

①为了调节方便，测量准确，实验中应选用电流表的量程为 _____，定值电阻 R_0 的阻值为 _____，滑动变阻器的阻值范围为 _____。

②按正确的器材连接好实验电路后，接通开关，改变滑动变阻器的阻值 R，读出对应的电流表的示数 I 和电压表的示数 U，并作记录。某同学记录的实验数据如下表所示，试根据这些数据画出 U－I 图线。

	1	2	3	4	5	6
I/A	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40
U/V	1.32	1.25	1.18	1.18	1.04	0.90

③由图线得到被测电池的电动势 E＝_____V，内阻 r＝_____Ω（结果保留三位有效数字）。

④用该实验电路测出的电动势值 $E_{测}$_____实际值；内阻 $r_{测}$_____实际值。（选填“＞”、“＜”或“＝”）

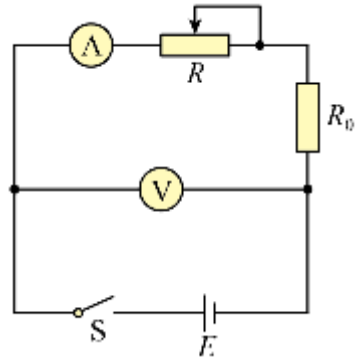
⑤引起该实验系统误差的主要原因是 _____。

A．由于电压表和电流表读数不准确引起误差

B．由于电流表的分压作用造成电压表读数总比变阻器和保护电阻的电压大

C．由于电压表的分流作用造成电流表读数总是比电源实际电流小

D．保护电阻 R_0 的使用



11．（16 分）有一个质量为 800kg 的小汽车驶上圆弧半径为 50m 的拱桥，重力加速度 g 取 10m/s^2。

（1）汽车到达桥顶时速度为 5m/s，汽车对桥的压力是多大；

（2）汽车以多大的速度经过桥顶时恰好对桥面没有压力；

（3）假如拱桥的半径增大到与地球 R＝6370km 一样，当汽车的速度不断地增大就会在桥上腾空形成绕地球做圆周运动的卫星，求使汽车成为卫星的最小速度（结果可带根号）。





12．（18 分）三峡水电站是我国最大的水力发电站，平均水位落差约 100m，水的流量约 1.35×10^{4}m^3/s。船只通航需要约 3500m^3/s 的流量，其余流量全部用来发电。水流冲击水轮机发电时，水流减少的势能有 20%转化为电能。

（1）按照以上数据估算，三峡发电站的发电功率最大是多大；

（2）本市现行阶梯电价每户每月 1 挡用电量最高为 240kW•h，如果按照本市现行阶梯电价 1 挡最高用电量计算，三峡电站可以满足多少户家庭生活用电；

（3）把抽水蓄能电站产生的电能输送到北京城区。已知输电功率为 P，输电线路的总阻值为 R，要使输电线路上损耗的功率小于△P。

a．求输电电压的最小值 U；

b．在输电功率一定时，请提出两种减少输电过程中功率损耗的方法。

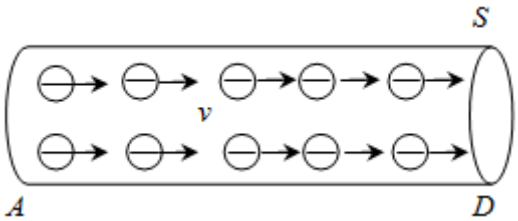
13．（20 分）电荷的定向移动形成电流，电流是物理量中的基本量之一。电流载体称为载流子，大自然有很多种承载电荷的载流子，例如，金属导体内可自由移动的电子、电解液内的离子、等离子体内的正负

离子，半导体中的空穴，这些载流子的定向移动，都可形成电流。

（1）电子绕氢原子核做圆周运动时，可等效为环形电流，已知静电力常量为 k，电子的电荷量为 e，质量为 m，电子在半径为 r 的轨道上做圆周运动。试计算电子绕氢原子核在该轨道上做圆周运动形成的等效电流大小；

（2）如图，AD 表示一段粗细均匀的一段导体，两端加一定的电压，导体中的自由电荷沿导体定向移动的速率为 v，设导体的横截面积为 s，导体每单位体积内的自由电荷数为 n，每个自由电荷所带的电荷量为 e。试证明导体中电流强度 I＝nesv；

（3）有一圆柱形的纯净半导体硅，其横截面积为 2.5cm^2，通有电流 2mA 时，其内自由电子定向移动的平均速率为 7.5×10^{-5}m/s，空穴定向移动的平均速率为 2.5×10^{-5}m/s。已知硅的密度为 2.4×10^3kg/m^3，摩尔质量是 28．电子的电荷量 e＝﹣1.6×10^{-19}C，空穴和电子总是成对出现，它们所带电荷量相等，但电性相反，阿伏加德罗常数为 $N_0=6.02\times10^{23}$mol^{-1}．若一个硅原子至多只释放一个自由电子，试估算此半导体材料平均多少个硅原子才有一个硅原子释放出自由电子？



参考答案

一、选择题（共 8 小题，每小题 6 分，满分 48 分）

1.【分析】光的波粒二象性是指光既具有波动性又有粒子性，少量粒子体现粒子性，大量粒子体现波动性。

【解答】解：ABC、单个光子通过双缝后打在底片的情况呈现出随机性，大量光子通过双缝后打在底片上的情况呈现出规律性。

所以个别光子的运动体现粒子性，大量光子的运动体现波动性，故 C 正确，AB 错误。

D、光波是一种概率波，光子落在光屏上各点的概率是不同的，故 D 错误。

故选：C。

【点评】在宏观世界里找不到既有粒子性又有波动性的物质，同时波长长的可以体现波动性，波长短可以体现粒子性。

2.【分析】氢原子能级间跃迁时，吸收和辐射的光子能量等于两能级间的能级差，能级差越大，光子频率越大。根据光电效应方程求出光电子的最大初动能。

【解答】解：A、一群氢原子处于 n＝3 的激发态，可能发出C_3^2＝3 种不同频率的光子，故 A 错误；

B、D、根据玻尔理论△E＝E_m﹣E_n（m＞n）得知，从 n＝3 跃迁到 n＝1 所发出的光能量最大，由 E＝hγ＝h$\frac{c}{\lambda}$得知，频率最高，波长最短。故 B 错误，D 错误；

C、从 n＝3 跃迁到 n＝1 辐射的光子能量最大，发生光电效应时，产生的光电子最大初动能最大，光子能量最大值为 13.6﹣1.51eV＝12.09eV，根据光电效应方程得，E_{km}＝hv﹣W_0＝12.09﹣2.29eV＝9.80eV．故 C 正确。

故选：C。

【点评】本题是玻尔理论、光子的能量、爱因斯坦光电效应方程的综合，解决本题的关键知道能级间跃迁辐射或吸收光子的能量等于两能级间的能级差，以及掌握光电效应方程 E_{Km}＝hv﹣W_0。

3.【分析】由图象可知振动的周期和振幅，写出振动方程，然后判断振子的位移，结合位置关系判断速度、加速度的大小关系。

【解答】解：由图可知，该振动的振幅为 12cm＝0.12m，周期为 1.6s，所以：$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{1.6}=1.25\pi$ rad/s

结合振动图象可知，该振动方程为：x＝0.12sin1.25πt

A、t＝0.2s 时，振子的位移：x_2＝0.12sin（1.25π×0.2）＝0.06$\sqrt{2}$m＝6$\sqrt{2}$cm，故 A 错误；

B、t＝0.1 s 时，振子的位移：x_2＝0.12sin（1.25π×0.1）＝0.12sin$\frac{\pi}{8}$m

t＝0.3 s 时，振子的位移：x_2＝0.12sin（1.25π×0.3）＝0.12sin$\frac{3\pi}{8}$m

可知，t＝0.1s 和 t＝0.3s 时，振子的位移大小不同，所以速度的大小一定不相等。故 B 错误；

C、t＝0.5 s 时，振子的位移：x_2＝0.12sin（1.25π×0.5）＝0.12sin$\frac{5\pi}{8}$m

t＝0.3 s 时，振子的位移：x_2＝0.12sin（1.25π×0.7）＝0.12sin$\frac{7\pi}{8}$m

可知，t＝0.5s 和 t＝0.7s 时，振子的位移大小不同，所以加速度的大小一定不相同；故 C 错误；

D、由图乙可知，t＝0.2s 到 t＝0.4s 时间内，振子的位移为正，正在逐渐增大，所以振子的势能逐渐增大。故 D 正确；

故选：D。

【点评】该题考查了弹簧振子的振动图象，会判断振子的速度和加速度的变化，注意振动图象与波动图象的区别，难度不大，属于基础题。

4.【分析】线框与磁场垂直时，位于中性面，感应电动势为零。根据电压与匝数成正比，电流与匝数成反比，变压器的输入功率和输出功率相等，逐项分析即可得出结论

【解答】解：AB、由图可知，此时线圈和磁场垂直，线框的磁通量最大，感应电动势为 0，故 A 错误，B 正确。

C、变压器只是改变电压和电流，不改变功率和频率，故 C 错误

D、若灯泡偏暗说明输出电压较小，要使输出电压变大，应减少原线圈匝数，故 D 错误。

故选：B。

【点评】本题关键交变电流产生的过程及其规律，掌握住理想变压器的电压、电流及功率之间的关系。

5.【分析】根据变轨的原理，比较卫星在不同轨道的机械能的关系确定喷气的方向；根据牛顿第二定律，结合万有引力大小比较加速度大小。

【解答】解：由题意，卫星在向高轨道爬升的过程中，需要增加机械能，所以需要发动机向后喷气进入高轨道；

在不同的轨道上万有引力提供向心力，则：$\frac{GMm}{r^2}=\frac{mv^2}{r}$

则：$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$

在高轨道上半径大，所以高轨道的线速度小。即 $v_1>v_2$．故 A 正确，BCD 错误。

故选：A。

【点评】解决本题的关键知道变轨的原理，会根据万有引力提供向心力比较线速度的大小是解答的关键。

6.【分析】分析人的运动情况，根据受力分析明确人的受力情况，则可根据动量及冲量得出冲量大小；由功能的转化可得出能量转化关系。

【解答】解：A、人在上升过程中经历了先加速再减速过程，加速过程中人受到的支持力大于人的重力；故 A 错误；

B、因支持力大于重力，作用时间相同，故支持力的冲量大于重力的冲量；故 B 正确；

C、人起跳时，地面对人不做功，人的动能来自于本身的生物能；故 C 错误；

D、由于有人体生物能转化为机械能，故机械能不守恒；故 D 错误；

故选：B。

【点评】本题考查动量定理及功能转化，要注意明确支持力对人作用的位移为零，故支持力对人不做功，

人是利用自身的能量得以增加机械能的。

7.【分析】粒子沿直线运动到 A，必定做匀速直线运动，根据左手定则和平衡条件可判断电性，并可求出 B 和 E。

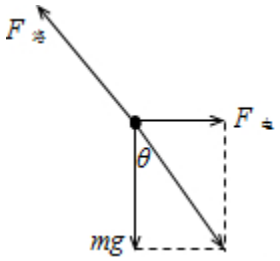
【解答】解：A、由于粒子带负电，电场力向右，洛伦兹力垂直于速度方向斜向左上方，而重力竖直向下，则电场力、洛伦兹力和重力能平衡，致使粒子做匀速直线运动。故 A 正确

B、由于粒子带负电，电场力向右，洛伦兹力垂直于速度方向斜向左上方，而重力竖直向下，则电场力、洛伦兹力和重力能平衡，致使粒子做匀速直线运动。故 B 错误。

C、由图 qE＝mg，可得 $E=\frac{mg}{q}$．故 C 错误。

D、粒子受力如图，由平衡条件得：qvBcosθ＝mg，解得：$B=\frac{mg}{qv\cos\theta}=\frac{\sqrt{2}mg}{qv}$，故 D 错误。

故选：A。



【点评】本题是带电粒子在复合场中运动的问题，考查综合分析和解决问题的能力，要抓住洛伦兹力与速度有关的特点。

8.【分析】带电体具有吸引轻小物体的性质，电荷间的相互作用规律：同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。

【解答】解：A、静电感应的物体静电平衡后内部场强均处处为零，但电介质极化后，内部场强均不处为零，故 A 错误；

B、碎纸屑被吸引是因为带电体具有吸引轻小物体的性质，纸屑会被吸引，这是因为纸屑通过电介质的极化方式使两个表面上会出现等量的正、负电荷，但整体不带电，故 B 错误；

C、丝绸摩擦后的玻璃棒靠近验电器的金属球时，靠近金属球时和接触金属球后验电器的金属箔片都会张开一定角度，这两种情况下金属箔片相互排斥，所以所带电性是相同的，故 C 错误；

D、毛皮摩擦橡胶棒，并用橡胶棒接近碎纸屑，部分纸屑被吸引后马上从橡胶棒上弹开，这一过程的起电方式包括摩擦起电、电介质的极化、接触起电，故 D 正确；

故选：D。

【点评】此题属于信息给予的题目，了解摩擦起电现象，知道带电体吸引轻小物体的性质，了解电荷间的相互作用规律对解决此类题目很关键。

二、非选择题（共 5 小题，满分 72 分）

9.【分析】“用油膜法估测分子大小”时要建立物理模型：油酸分子视为球形；油膜为单分子层；油酸分子是紧挨在一起的。

【解答】解：本实验中做了三点理想化假设，分别是将油膜看成单分子膜；油酸分子视为球形；油酸分

子是紧挨在一起的。

故答案为：（1）将油膜看成单分子膜；

（2）将油分子看作球形；

（3）认为油分子是一个紧挨一个的。

【点评】本题是以油酸分子呈球型分布在水面上，且一个靠着一个，从而可以由体积与面积相除求出油膜的厚度。

10.【分析】干电池电动势一般约为 1.5V，以此判定电压表量程；电流表量程、滑动变阻器与定值电阻选择时应兼顾电路安全和偏转范围。根据电路图连接实物图，根据 U－I 图象做坐标轴的交点求解电动势和内阻。

【解答】解：①由于电源是一节干电池（1.5V），所选量程为 3V 的电压表；估算电流时，考虑到干电池的内阻一般几 Ω 左右，加上保护电阻，最大电流在 0.5A 左右，所以选量程为 0.6A 的电流表；由于电池内阻很小，所以保护电阻不宜太大，否则会使得电流表、电压表取值范围小，造成的误差大，故选 1Ω；滑动变阻器的最大阻值一般比电池内阻大几倍就好了，取 0～10Ω 能很好地控制电路中的电流和电压，若取 0～100Ω 会出现开始几乎不变最后突然变化的现象。

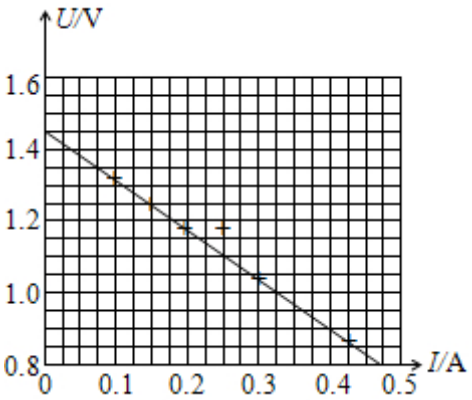
②根据描点法作图，如图所示：

③根据 U－I 图象可知，与 U 轴的交点表示电动势，所以 E＝1.45V，$r=\frac{1.45-0.8}{0.48}=1.37\Omega$

④关于系统误差一般由测量工具和所造成测量方法造成的，一般具有倾向性，总是偏大或者偏小。本实验中由于电压表的分流作用造成电流表读数总是比测量值小，造成 $E_{测}<E_{真}$，$r_{测}<r_{真}$。

⑤由④的分析可知，引起该实验系统误差的主要原因是电压表的分流作用造成电流表读数总是比电源实际输出的电流小，故选 C

故答案为：①0～0.6A；1Ω；0～10Ω；②如图所示；③1.45；1.37；④＜＜；⑤C。



【点评】本题考查测量电动势力和内电阻的实验，要注意明确实验仪器的选择是考试中经常出现的问题，在学习中要注意掌握好其安全、准确的原则；同时注意滑动变阻器的电路中的应用规律。

11.【分析】（1）在最高点重力和支持力的合力提供向心力，根据向心力公式和牛顿第二定律可列式求解；

（2）汽车对桥恰好无压力，重力完全提供向心力，根据向心力公式和牛顿第二定律可列式求解。

（3）汽车要成为卫星，所受的支持力为零，运用根据向心力公式和牛顿第二定律可列式求解。

【解答】解：（1）汽车到达桥顶时，竖直方向受到重力 G 和桥对它的支持力 N 的作用。

汽车对桥顶的压力大小等于桥顶对汽车的支持力 N，汽车过桥时做圆周运动，重力和支持力的合力提供向心力；

根据牛顿第二定律得：$mg - N = m\frac{v^2}{r}$，

有：$N = mg - m\frac{v^2}{r} = （800\times10 - 800\times\frac{5^2}{50}）N = 7600N$。

根据牛顿第三定律得知，汽车对桥的压力大小 $N' = N = 7600N$，方向竖直向下。

（2）汽车经过桥顶恰好对桥没有压力而腾空，则 N＝0，汽车做圆周运动的向心力完全由其自身重力来提供，所以有：

$mg = m\frac{v_0^2}{r}$

得：$v_0 = \sqrt{gr} = \sqrt{10\times50}m/s = 22.4m/s$。

（3）当桥的半径变为地球的半径时，汽车要在桥面上腾空，车对桥顶没压力，所受的支持力为零，由重力提供向心力，则有：$mg = m\frac{v_m^2}{R}$

得 $v_m = \sqrt{gR}$

代入数据得：$v_m = 7900m/s$

答：（1）汽车到达桥顶时速度为 5m/s，汽车对桥的压力是 7600N。

（2）汽车以 22.4m/s 的速度经过桥顶时便恰好对桥没有压力而腾空。

（3）如果拱桥的半径增大到与地球半径 R 一样，汽车要在地面上腾空，速度要 7900m/s。

【点评】本题关键找出车经过桥的最高点时的向心力来源，然后根据牛顿第二定律和向心力公式列式求解。

12.【分析】（1）先求出用于发电的水流量，根据 W＝Gh 求出水的重力所做的功，然后结合效率求出的发电功率；

（2）先求每户的用电量，再根据总电量求出可以满足多少个城市用电；

（3）a、根据 $\triangle P = I^2R$、P＝IU 求解；

b、①．提高输电电压；②．增大导线横截面积，减小电阻。

【解答】解：（1）三峡发电站的发电功率：$P\times1 = m'gh\times20\% = 1.0\times10^3\times1.00\times10^4\times10\times100\times20\% = 2\times10^6kW$；

（2）每户平均功率：$P' = \frac{240}{30\times24} = 0.333kW$

三峡电站可以满足庭生活用电的户数：$n = \frac{2\times10^6}{0.333} = 6\times10^6$户；

（3）a．输电导线损失热功率 $\triangle P = I^2R$

输电功率 P＝IU，

解得：$U=\frac{P}{\sqrt{\frac{\Delta P}{R}}}=P\sqrt{\frac{R}{\Delta P}}$；

b．在输电功率一定时，减少输电过程中功率损耗的方法：①．提高输电电压；②．增大导线横截面积，减小电阻。

答：（1）三峡发电站的发电功率最大是 2×10^6kW；

（2）三峡电站可以满足 6×10^6 户家庭生活用电；

（3）a．求输电电压的最小值 $P\sqrt{\frac{R}{\Delta P}}$；

b．①．提高输电电压；②．增大导线横截面积，减小电阻。

【点评】本题考查了学生对电功率公式、功的计算公式、电功的计算公式的了解与掌握，解答本题要掌握减少输电过程中功率损耗的方法。

13．【分析】（1）根据库仑引力提供向心力算出周期，然后再利用电流定义式可求出等效电流的大小；

（2）先计算出 t 秒内通过导体某一截面的自由电子数，然后再算总电荷量，结合电流定义式可证明出电流强度的微观表达式；

（3）利用电流强度的微观表达式，结合总电流等于二者电流之和，计算出半导体单位体积内的自由电子个数，通过比值可求解结果。

【解答】解：（1）电子绕核做圆周运动，所需的向心力由核对电子的库仑引力来提供，即：$\frac{ke^2}{r^2}=\frac{m4\pi^2r}{T^2}$，

又因为电流 $I=\frac{q}{t}=\frac{e}{T}$，联立可解得：$I=\frac{e^2}{2\pi r}\sqrt{\frac{k}{mr}}$。

（2）如图所示，因为导体中的自由电荷的速率为 v，则 t 秒内电荷移动的距离为 vt，其体积为 Svt，

则通过导体某一截面的自由电子数为 nSvt，该时间内通过导体该截面的电量：q＝nSvte，

根据电流的定义式 $I=\frac{q}{t}$，解得：I＝nesv。

（3）设此半导体单位体积内有 n 个自由电子，同时也将有 n 个空穴，以 S 表示截面积体积，v_1，v_2 分别表示半导体中空穴和自由电子的定向移动速率，I_1 和 I_2 分别表示半导体中空穴和自由电子形成的电流，空穴和自由电子电性相反，运动方向相反，则形成的电流方向相同，则有：

$I_1=nev_1S$，$I_2=nev_2S$，总电流 $I=I_1+I_2$，

由此可得：$n=\frac{I}{ev_1S+ev_2S}$；

设单位体积内有 n 个硅原子放出一个自由电子；单位体积内硅原子的个数 $N=\frac{\rho}{M}N_0$，

则：$\frac{n}{N}=\frac{IM}{\rho N_0eS(v_1+v_2)}$，

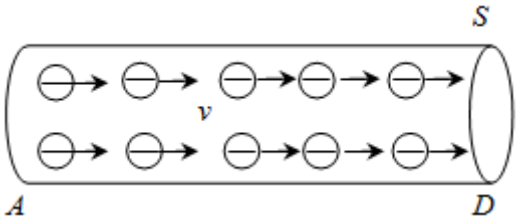
其中 S＝2.5cm^2＝2.5×10^{-4}m^2，I＝2mA＝0.002A，M＝28×10^{-3}kg/mol

代入数据解得：$\frac{n}{N}=1\times10^{-5}$，

从上述结果可知，每 1×10^{5} 个硅原子中才有一个硅原子释放放出一个自由电子。

答：（1）等效电流大小为 $I=\frac{e^{2}}{2\pi r}\sqrt{\frac{k}{mr}}$；（2）见上述证明过程；

（3）此半导体材料平均 1×10^{5} 个硅原子才有一个硅原子释放出自由电子。



【点评】解答本题的关键是：要认真研读题目中的关键语句，充分挖掘题目中的隐含条件，利用电流的定义式和微观表达式进行推导计算；同时要充分利用阿伏加德罗常数的桥梁作用。