学而思高中部 徐婷老师

纵观去年的四校自招题，**大部分题目集中在力学(悬浮在液体中的物体受力分析及运动分析）、运动学（多物体）、电学（电压串并联、电流表）部分**，而对于光学、声学及热学的考察较少，一般是各一道题，华二和上中各有一题对于杠杆平衡的考查。不难看出，就物理而言，**自招考试的目标很明确就是选拔更好的适合高中物理体系的有高中物理逻辑的中学生，考题还在侧重在初高衔接知识**，或者说是在高一物理体系中占更大比例的，同样是高中阶段的基础知识板块，**如运动学和力学及两者之间的相互关系——牛顿运动定律**，着重考查学生的**受力分析能力以及运动学的参考系选择能力**。

因此，让高中老师带你一起分析分析，自招考试，需要你作为一个准高中生具有哪些的物理素养吧。

考点一：受力分析

【复旦附中】 **一斜面长10米，高1米，一重100牛的物块恰好能沿此斜面匀速向下滑动，若以平行于斜面的力 F 将此物块匀速推上斜面，则 $F=$ _____ N 。**

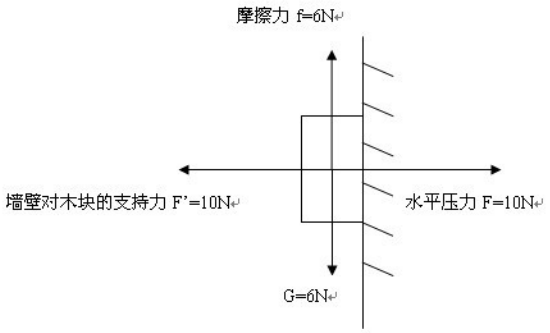
【答案】20

【解析】匀速直线运动的物体受力平衡，当物体沿斜面匀速下滑时，有 $G\sin\theta=f$，当物体在力 F 作用下沿斜面向上匀速运动时，有 $F=f+G\sin\theta=2G\sin\theta=2\times100\times\dfrac{1}{10}=20N$

【交大附中】 **压在墙上的小木块匀速下滑求这个小木块受到几个力。**

【答案】 小物块受四个力作用。

【解析】 同上题，考查处于平衡状态（静止或匀速直线运动）物体的受力。假设物体重 6N，用 F=10N 的力将物体压在小木块，小木块匀速下滑，其受力图像如下图所示。



【点评总结】对于物体的受力分析能力是高中对学生的基本物理涵养要求，而对于受力分析，高中阶段我们总结了受力分析四步法，只要按照步骤一步步实现，就基本不会出现问题。

①选取受力研究对象

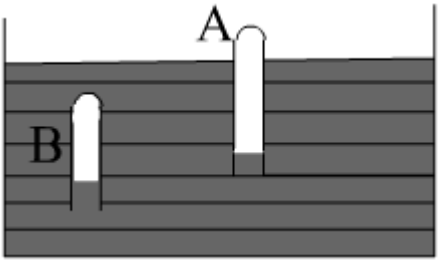
②按照重力、弹力、摩擦力的顺序，结合物理情景，依次受力分析。（其中弹力包括初中阶段讲过的支持力、压力、绳杆拉力推力、液体对物体浮力等，是按照力的产生条件分类的性质力，重力、弹力、摩擦力是高一阶段我们唯一会接触的三大性质力。

③建立坐标系（一般是沿运动方向建立 X 轴，垂直运动方向建立 Y 轴）

④分别对于两个方向列受力平衡式。

考点二．漂浮物体受力分析题

【复旦附中】 如图所示，试管 A 漂浮在水面上，试管 B 悬浮在水中，试管 A 与试管 B 都封闭有一定量的空气，以下说法正确的是（　　）



A. 将试管 A 上提一微小距离，放手后试管 A 不会回到原来位置

B. 将试管 A 下压一微小距离，放手后试管 A 会回到原来位置

C. 将试管 B 上提一微小距离，放手后试管 B 会回到原来位置

D. 将试管 B 下压一微小距离，放手后试管 B 会回到原来位置

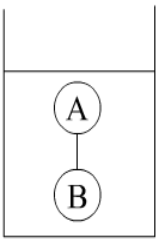
【答案】B

【解析】根据初中知识，此题课这么解析：A 试管：设试管中空气的压强为 P，大气压强为 P_0，试管中水面到容器中水面的距离为 h，试管重为 G，顶部的面积为 S，则试管受到内部空气对它向上的压力，其大小为 $F=PS$，大气对它向下的压力为 $F_0=P_0S$，试管静止时，$F=G+F_0$，即 $PS=G+P_0S$，解得：$P=P_0+G/S$，所以 P 不变，由于 $P=\rho gh$，可知 h 不变，则 $V_{排}$ 不变，试管所示浮力不变，不管上提、下压，放手后，试管还会回到原来位置，A 错 B 对；

B 试管：上提时，试管内空气柱的下表面受到水的压强减小，气体体积增大，即 $V_{排}$ 增大，所示浮力增大，所以放手后会上浮；下压时，相反会下沉，C、D 错。

从高中物理的角度而言，实际上若讲 A 试管提升或下压一小段距离，其会将做一个在原来平衡位置附近的上下振动的运动。讲 A 和其中的空气看做一个整体，可发现其受大气向下的压力和重力，以及水向上的力，并且受力平衡，有 $\rho_{水}ghS=P_0S+\mathrm{G}$，若将其向上提一小段距离 $\triangle h$，则其受到水向上的力变小了 $\rho_{水}\mathrm{g}\triangle h$，则其合力为向下的 $\rho_{水}\mathrm{g}\triangle h$，即其所受力大小与其偏离原来平衡位置距离大小成正比，且方向相反，由高中知识我们可判断在满足这种关系的力的作用下，物体将做一个在平衡位置附近的上下振动的简谐振动。然后由于各种能量损耗原因，最后会停在平衡位置。

【华师二附】某食盐溶液的密度随深度 h 变化而变化，其变化规律为 $\rho=\rho_0+kh$，式中 $\rho_0=1.0\times10^3kg/m^3$。为了求出式中的 k 值，现向溶液中投入两只用一根细线系在一起的小球 A 和 B，每个球的体积为 $V=1cm^3$，其质量分别为 $m_A=1.2g$ 和 $m_B=1.4g$。当将小球 A 置于水下，球心距水面的距离为 $0.25m$ 时，A、B 两个球在溶液中均处于静止，且线是拉紧的，两球心的距离为 $10cm$。试求 k 值的大小。



【答案】$1.0\times10^3kg/m^4$

【解析】对 AB 分别进行受力分析可知 $A:m_Ag+T=\rho_1gV$　$B:m_Bg=\rho_2gV+T$，其中

ρ_1,ρ_2 分别是 AB 所处深度溶液的密度，$\rho_1=\rho_0(1+kh_A)$ $\rho_2=\rho_0(1+kh_B)$,联立几式可以得到 $k=1.0\times10^3 kg/m^4$，或者可以采用高中物理中的整体法，以 AB 为一个整体进行受力分析 AB整体: $m_Ag+m_Bg=\rho_1gV+\rho_2gV$ 。整体法也是高中物理中常用的方法，将几个物体当做一个整体进行受力分析时，物体之间的内力内力不用分析，这样会减小题目需要处理的物理量的数量，在有些情景中，整体法的使用会大大提高做题效率。

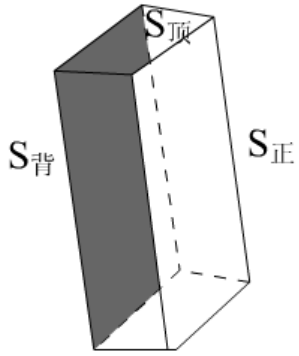
【点评总结】浮力作为初中力学部分较难的一块，一直是自招考试的必出题，而在某些情景中，漂浮物体的受力，容易造成分析力少力或者多力，所以作为高一重点的受力分析四步法，可以作为初高衔接内容，同学们可以提前学起来，对于复杂物理情景中的受力分析有莫大帮助。另外，浮力在高中阶段我们将其根据力的产生原理分为弹力的一种。

考点三．运动学（换系法）

【复旦附中】 **下雨了。如果忘了带伞又必须在雨中行走，是走还是跑才能被雨少淋？美国 Discovery 探索频道的节目《流言终结者》中，两位实验专家通过控制变量法得到的结论是跑步比走路淋雨多。但节目中也提及美国北卡罗来州的两名气象学家曾做过这个实验，得到结果却是跑步比走路淋的雨少 40%。同样的问题的出了两个截然相反的结论。**

让我们建立如下物理模型，讨论这个问题。

淋雨量问题涉及的主要因素有：单位体积降雨量 ρ，竖直雨速 $v_{雨}$，水平风速 $v_{风}$，人的行走速度 $v_{人}$ (当跑步时，$v_{人}$ 比较大)，行走的直线距离 L_1 和人的淋浴面积。人可简化为一个长方体模型，如图所示，可能被淋到的面为：$S_{顶}$，$S_{正}$ (代表人的正面)，$S_{背}$。



若以上条件均已知，则

(1) 在无风的情况下，即 $v_{风}$=0，人在雨中行走或跑步，$S_{顶}$，$S_{正}$，$S_{背}$ 三个面中，哪个面的淋雨为 0？

(2) 请写出无风时，淋雨量不为 0 的各面的淋雨量的表达式。由此，在无风的情况，是走还是跑才能被雨少淋？

(3) 若有风，且背面有风，求雨滴相对于地面的速度大小，并写出总淋雨量的表达式，说明是走还是跑才能被雨少淋。

【答案】（1）$S_{背}$

(2) $\begin{cases} Q_{正}=\rho S_{正}L_1 \\ Q_{上}=\rho S_{上}\dfrac{L_1}{v_{人}}\bullet v_{雨} \end{cases}$ 因此跑的才能被雨少淋

（3） $v=\sqrt{v_{雨}^2+v_{wind}^2}$　　$Q=\begin{cases}\rho S_{上}\dfrac{L_1}{v_{人}}\bullet v_{雨}+\rho S_{正}\dfrac{L_1}{v_{人}}(v_{人}-v_{雨}) & v_{人}\geq v_{雨}\\ \rho S_{上}\dfrac{L_1}{v_{人}}\bullet v_{雨} & v_{人}=v_{雨}\\ \rho S_{上}\dfrac{L_1}{v_{人}}\bullet v_{雨}+\rho S_{正}\dfrac{L_1}{v_{人}}(v_{雨}-v_{人}) & v_{人}\leq v_{雨}\end{cases}$

【解析】 此题属于建立模型题目，多物体运动，比较复杂，关键是要搞清楚，雨相对于地面的速度和相对于人的速度的区别。以人为参考系。有:

淋浴量=淋浴面积*淋浴时间* 雨相对于人的速度,不管有风没风,人走完 L_1 的时间就是 $\dfrac{L_1}{v_{人}}$，因此人的淋浴时间是固定的。而对于不同表面，雨相对于人的速度应该是垂直于此表面的速相对速度，对于顶面而言，雨相对于人的速度就是 $v_{雨}$，不管有风没风，所以人顶部淋到的雨量是 $\rho S_{上}\dfrac{L_1}{v_{人}}\bullet v_{雨}$ 保持不变。而对于正面和背面，当无风时，雨相对人的速度就是 $v_{人}$ 且是垂直于正面，所以正面淋到的雨量就是 $\rho S_{正}\dfrac{L_1}{v_{人}}\bullet v_{人}=\rho S_{正}L_1$。而当有风时，就得考虑风速和人速的大小关系，当风从背后吹来，当风速小于人速时，雨相对人的速度是向后的，即打在正面，相对速度为 $v_{人}-v_{雨}$，所以正面的淋浴量为 $Q_{正}=\rho S_{正}\dfrac{L_1}{v_{人}}(v_{人}-v_{雨})$；当风速大于人速时，雨相对人的速度向前，即从背后打来，相对速度为 $v_{雨}-v_{人}$，所以背面的淋浴量为 $Q_{背}=\rho S_{正}\dfrac{L_1}{v_{人}}(v_{雨}-v_{人})$；而当风速等于人速时，雨相对人在水平方向是同步运动的，所以正面和背面均没有淋雨。所以有风从背面吹来时，当人速越接近于风速，则总的淋浴量越少。

【上海中学】 有一列士兵过隧道，每个士兵间隔1m。士兵甲从隧道口行至出口时，长官命令他快走回入口。其间甲共遇到301名士兵(起始能见士兵计入其中)。然后再匀速跑至出口，其间遇到151名士兵。则甲跑步速度是其快走速度的_____倍。隧道全长_____米。(已知甲跑步速度为队伍速度的5倍)。

【答案】2　250m

【解析】解：设隧道全长为 S，大队士兵速度为 $V_{兵}$

① 甲快走回入口：以大队士兵为参考系，甲快速走的速度为 $V_{快}+V_{兵}$

$$\begin{cases}(V_{快}+V_{兵})\bullet t_1=S_1(=300m)\\ V_{快}\bullet t_1=S\end{cases}$$

② 甲跑至出口：以大队士兵为参考系，甲的速度为 $V_{跑}-V_{兵}$

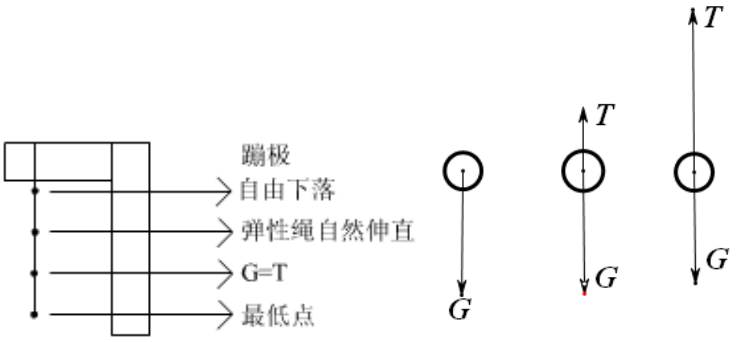
$$\begin{cases}(V_{跑}-V_{兵})\cdot t_2=S_2\,(=150m)\\ V_{跑}\cdot t_2=S\end{cases}$$

已知$V_{跑}=5V_{兵}$，易得：$S=250m, V_{快}=2.5V_{兵}$　　故$V_{跑}=2V_{快}$

【点评总结】在有些多物体的运动问题中，若全部以地面为参考系进行计算时，会比较麻烦，也容易逻辑混乱，而实际上运动本身就是相对而言的，因此我们可以任意选取参考系，以简化物理模型。而这种换参考系的方法在高一阶段的匀变速运动中的使用也是非常重要的，尤其是追击相遇问题。要注意，换参后，在一个公式中，所有的物理量如 v, s 等需是相对同一参考系的物理量。

考点四．牛顿运动定律

【华师二附】　人在蹦极过程中，从静止下落开始至最低点整个过程中，速度怎么变化，机械能怎么变化？

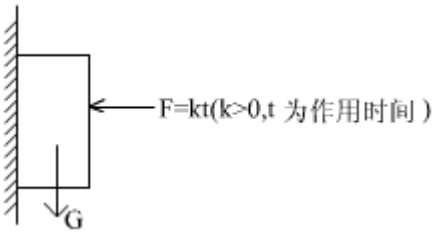


【答案】速度先增大，后减小至零，机械能先不变，后减小

【解析】此题考查内容涉及牛顿第二运动定律以及机械能的概念。人在蹦极过程中属于多过程运动，从静止开始至弹性绳自然伸直这段距离内，人只受本身的重力作用，因此速度不断增大，人继续向下运动，弹性绳被拉升对人产生向上的拉力作用，且随着人越往下运动，弹性绳的伸长量变大，绳中拉力越大，在拉力增大到与重力相等前，由于重力大于绳拉力，合外力依旧向下，速度继续增大；而当绳拉力增大到大于重力，即合外力向上，人做减速运动直至最低点，速度减到零。

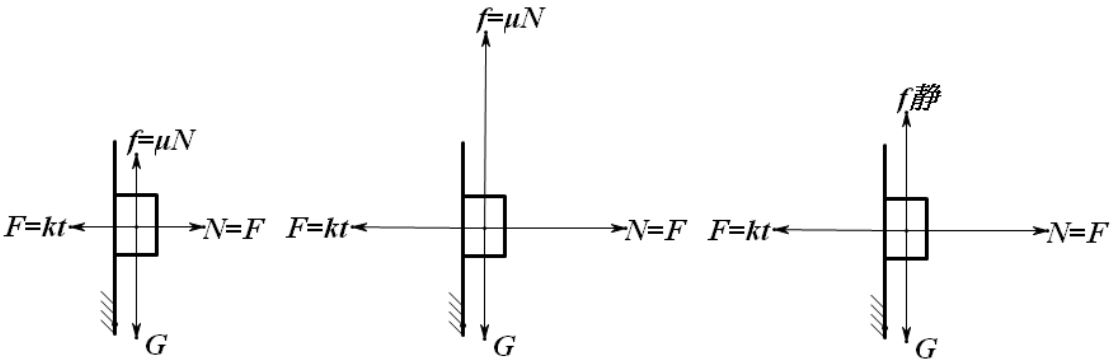
而机械能的概念在高中阶段是功和能板块的重要知识点，是指物体的动能和势能之和。物体无外力做功时，机械能总量保持不变，外力对物体做正功，机械能增大，外力做负功，物体机械能减小。而此题中，在绳拉直之前，绳对物体不做功，人机械能保持不变，而当绳中产生拉力之和，拉力朝上，物体向下运动，绳拉力做负功，物体机械能减小。

【华师二附】 足够长的平整竖直粗糙墙面上，物体运动情况



【答案】物体先做加速度减小的加速运动，再做一个加速度增大的减速运动，最后静止。

【解析】此题涉及牛顿第二定律以及摩擦力的受力特点。由受力分析四步法分析物体受力，如下图所示，开始时，重力大于滑动摩擦力，物体向下加速运动，随着 F 的增大，N 增大，滑动摩擦力增大，当 f 大于 G 后，物体做减速运动，直至速度减为零，此时，物体的最大静摩擦（等于滑动摩擦力）大于重力，故物体能保持静止。



【点评总结】 牛顿第二定律 $F=ma$ 是将高一两大板块运动学和力学联系在一起，也就是研究物体为什么这么动，运动的力学原理。(其中 a 是物体运动的加速度，描叙的是物体速度变化的快慢，其方向与合力方向相同。A 和物体的速度方向相同，则物体加速，相反，则减速)这也是贯穿整个高中物理的第一条主线。而对于自招而言考查的是学生对于力改变物体运动的认识。而其具体的解题步骤和平衡时的受力分析四步法相同，只是最后一步列式，若物体处于平衡态（静止，匀速直线运动）列受力平衡式，若受力不平衡则列 $F=ma$ 即可。此板块华二有涉及，其他四校基本未涉及。