燕园元培杯”2023-2024学年全国中学生地球科学奥林匹克竞赛决赛试题

注 意 事 项

在答题前请认真阅读本注意事项及答题要求

1. 本试卷共分为三个部分，第一部分为不定项选择题，第二部分为综合分析、计算和读图等题目，第三部分为野外实践考察试题。本次考试时间为180分钟。考试结束后，请将本试卷、答题卡、答题纸和草稿纸一并交回。
2. 答题前请务必将自己的姓名、考号用黑色签字笔填写在答题卡和答题纸的规定位置。
3. 作答选择题须用 2B 铅笔在机读卡指定位置涂卡；综合分析题用黑色油笔答在答题纸上。
4. 考试开始60分钟内不允许提前交卷，考试结束后待监考老师确认后方可离场。

一、不确定选择题，结果写在答题卡上（单选或多选，每一个正确答案得 1 分，选错一个扣 1 分，每题最低得分为 0 分）

现在地球的主要动力学格局以板块运动的形式所呈现，即基性的洋壳俯冲到中酸性的陆壳之下。但地球形成之初，不仅有通常所说的放射性元素生热产生的能量，还有增生过程中重力势能转换而来的热能，加之月球形成大碰撞这一剧烈事件给地球带来的热量，固体地球内部的温度必定远高于现今地球。这种状态意味着早期地球（40 亿年之前的地球）和现今地球截然不同。据此回答下面 Q1-Q10 问题。

Q1.下列（　　）属于基性岩石。

A. 辉绿岩；　B. 玄武岩；　C. 英云闪长岩；　D. 花岗岩。

Q2. 从月球大碰撞发生的时间算起（约 45 亿年），到地球最古老的矿物 Jack Hill 锆石形成的时间（约 44 亿年）为止，地球就获得了能够形成锆石的温度、成分和压力条件。锆石主要形成于（　　）岩类岩石中。

A. 橄榄岩；　B. 科马提岩；　C. 花岗岩；　D. 斜长岩。

Q3. 早期地球内部的温度较高，意味着更为剧烈的火山作用。火上作用喷出的气体形成了当时的大气层。那么请问，这种火山作用形成的大气层中，下列（　　）组分不可能是主导成分。

A. 氢气；　B. 氦气；　C. 乙醇；　D. 二氧化碳。

Q4. 下列（　　）机制可能可以很快将月球形成大碰撞之后的地球状态改造到适合 Jack Hill 锆石形成的状态？

A. 板块运动；　B. 地幔柱；　C. 热管构造；　D. 软盖构造。

Q5. 地球上最古老的矿物的年龄是 44 亿年，而最古老的岩石的年龄是 40 亿年，二者之间的差距很大，其原因可能是（　　）。

A. 形成最古老矿物即 Jack Hill 锆石时，还没形成岩石；

B. 岩石被地球动力过程所销毁，但是锆石被保留了下来；

C. 锆石容易保持放射性同位素封闭状态，而岩石的放射性同位素体系会成为开放状态；

D. 44 亿的 Jack Hill 是陨石带来的，故而远远老于地球自己形成的最古老岩石。

Q6. 太阳系（　　）天体的现今状态与 43 亿年前的地球最为相似。

A. 火星；　　B. 水星；　　C. 谷神星；　　D. 金星。

Q7. 地球如今依然生龙活虎，高山在隆起，大陆在裂张，但是月球却是已经死得凉透了，下列原因中可能的是（　　）。

A. 月球没有大气层，它的热能很快散失到太空去了；

B. 月球的挥发性成分较低，不利于形成类似于地球这样的板块运动的动力学格局；

C. 月球经历了远比地球多的陨石撞击，破坏了月球内部的稳定结构，使得月球难以形成全球统一的动力学体制；

D. 我们目前并没有对月球进行详细采样，所以月球可能没有死翘翘。

Q8. 月球在 40 亿年到 38 亿年之间经历了一次陨石密集撞击事件，这就是常说的晚期月表陨石密集撞击事件（Late Heavy Bombardment）。我们可以清楚地发现月球近地面的陨石坑的年龄在这一时间段内的比例远远高于其它时间段。地球比月球大得多，但是我们并没有在地球上找到类似的陨石密集撞击事件留下的证据，可能的原因是（　　）。

A. 从月球是地球的卫星，陨石在撞击地球之前会首先撞击月球。也就是说，月球是地球的屏障，可能拦下了撞向地球的陨石，所以在地球上看不到密集的陨石撞击坑；

B. 月球近地面的陨石坑分布规律提出的晚期月表陨石密集撞击事件不能代表整个月球，也就是说可能从整个月球的角度来看，40~38 亿年之间的陨石通量并不显著高于其它时段。故而，在找地球上找不到相应记录；

C. 月球没有大气层，陨石很容易达到月球表面，留下陨石坑。但是地球有稠密的大气层，陨石会被大气层所消耗，因此没有在地球表面留下晚期月表陨石密集撞击事件的印记；

D. 地球上剧烈而频繁的地球动力学过程把形成于地壳表面的陨石坑破坏完了，所以我们看不到地球表面存留有这一时期的陨石坑。

Q9. 火星曾经有过和地球极为类似的环境，也有广袤的海洋，奔流的大河以及在陨石坑形成的湖泊。但是这样一个湛蓝的火星只持续了很短的时间，火星就进入了红色火星的时代，火星上的水可能去了（　　）。

A. 火星上的水与火星的大气层一起被太阳风吹跑了；

B. 火星上的水凝结到火星的极地形成了冰川；

C. 火星上的水被储存在粘土矿物中；

D. 火星上的水以地下水或者地下冰的形成储存。

Q10. 近年来，人们在金星的大气层中探测到了磷化氢。在地球上，磷化氢是生命体代谢的产物。金星的大气富含二氧化碳、硫酸以及硫化氢等物质。如果金星大气中的硫化氢真的

是生命体代谢的产物，那么这种生命体应该是（　　）。

A. 嗜酸厌氧；　　B. 嗜碱厌氧；　　C. 嗜酸喜氧；　　D. 嗜碱喜氧。

不整合接触是指上、下地层间的层序发生间断，即先后沉积的地层之间缺失了一部分地层。这种沉积间断的时期可能代表没有沉积作用的时期，也可能代表以前形成的岩石被侵蚀的时期，据此回答 Q11-Q12 问题。

Q11.下面关于不整合的描述你认为（　　）是正确的。

A. 角度不整合是指不整合面上下的岩层均与不整合面呈一定角度相交；

B. 角度不整合下伏岩层的产状与不整合面斜交；

C. 平行不整合面上下的岩层均为水平的；

D. 平行不整合是指不整合面上下的岩层产状基本一致。

Q12.（　　）标志基本可以确定不整合的存在。

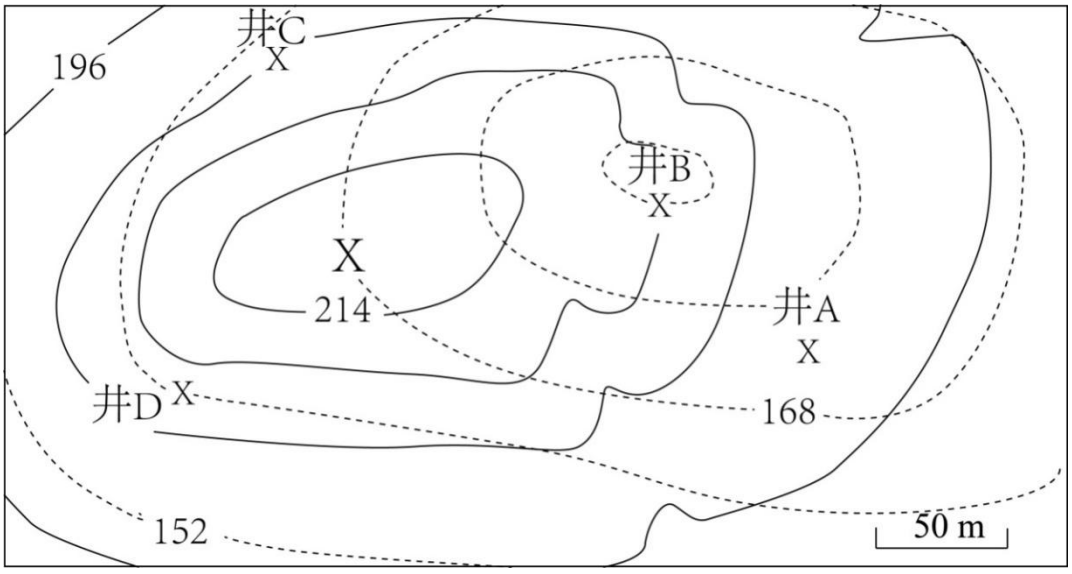
A. 两套地层的产状呈一定角度接触；

B. 两套地层之间存在有古风化壳；

C. 上覆地层底部发现很多下伏岩层成分的砾岩；

D. 上覆岩层和下伏岩层成分基本一致。

下图显示了一个地区的地形（实线等高线）以及该地区的地下潜水面的起伏（虚线等高线），两组高程均以米为单位。未位于等高线的井位高程可以通过内插法求得，即按照等比例计算。据此回答 Q13-Q15 问题。



Q13．在标记为 X 的点位（214m 等高线内），你必须从地表向下钻探（　　）米才能到达的潜水面？

A. 168；　　B. 214；　　C. 大于 46 但小于 52；　　D. 小于 46。

Q14. 假设位于 X 点位（214m 等高线内）的储油罐开始泄漏，地图上显示的哪口井可能被最早污染（　　）？

A. 井 A； B. 井 B； C. 井 C； D. 井 D。

Q15. 下面各井水位深度正确的排列顺序为（ ）。

A. 井 A<井 B<井 C<井 D； B. 井 B <井 A<井 C<井 D；

C. 井 B >井 C >井 A >井 D； D. 井 D >井 C >井 A >井 B。

科学家发现，尽管地球的引力和磁场能够对大气层起到非常好的保护作用，但地球的大气仍然在不断地流失，根据科学家的估算，地球大气的流失速率大概为每年 10 万吨。我们知道，一个物体要脱离地球的引力束缚，就必须具有第二宇宙速度，且呈中性。据此回答下面 Q16-Q17 题。

Q16. 虽然地球有一个强大的磁场，但是它也有薄弱之处，那么地球大气的流失途径包括（ ）。

A. 部分气体分子相互碰撞中获得足够的动能；

B. 大气中电离的“快离子”与速度较慢的中性粒子碰撞，俘获电子成为中性粒子；

C. 从地球的两极地区逃逸；

D. 从地球赤道顶部逃逸。

Q17. 根据大气组成的特征，主要流失的大气分子包括（ ）。

A. 氢气； B. 氦气； C. 氧气； D. 氮气。

Q18. 下图是某地发现的某岩层的层面，根据你的知识判断，下面（ ）是正确的。

A. 该岩层的层面为上层面，因为该图显示了波痕构造；

B. 该岩层的层面为下层面，因为该图显示了印痕构造；

C. 该岩层的层面为上层面，因为该图显示了印痕构造；

D. 该岩层的层面为下层面，因为该图显示了波痕构造。



Q19. 不同的行星具有不同的表面特征，如地球表面分为陆地和海洋，陆地崎岖不平，有山地、丘陵、平原、盆地和高原，月球和水星表面布满了陨石坑。那么塑造行星表面形态特征的主要控制因素有（ ）。

A. 圈层相互作用； B. 行星的物质组成； C. 陨石撞击； D. 行星环境。

Q20. 假设一个区域中的岩石是倾斜的，如果你沿着地表朝着倾向相反的方向前进，你就会发现（　　）。

A. 一直走在同一个地层单位内； B. 遇见的地层单位越来越新；

C. 遇见的地层单位越来越老； D. 没有什么规律可言。

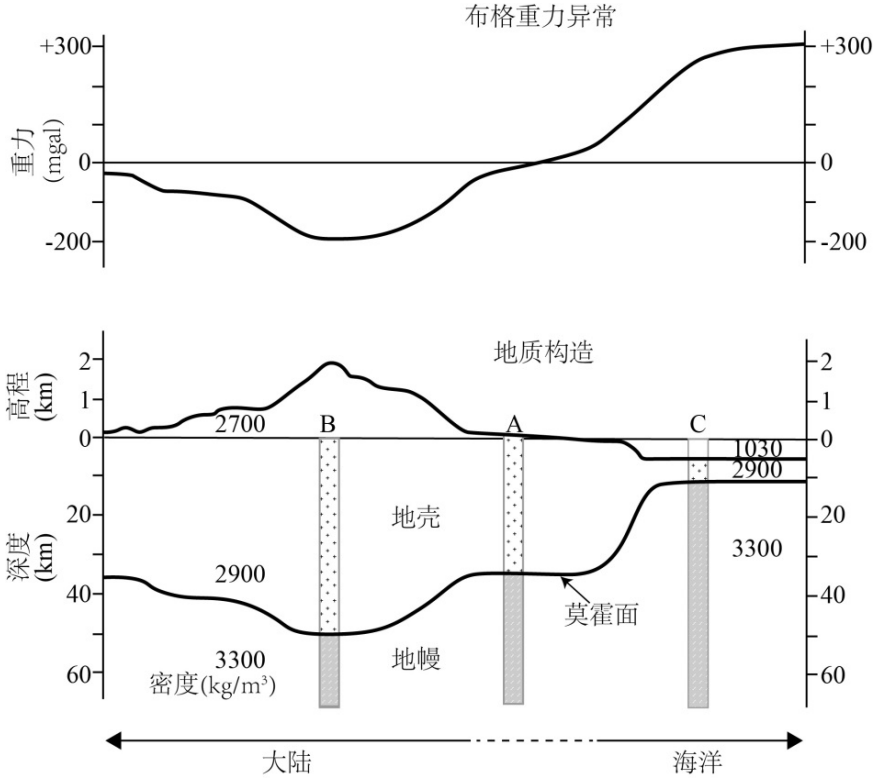
Q21. 下图显示了大陆和海洋过渡地区观测到的布格重力异常的分布曲线和地质构造剖面，从图上可以得到下面正确的结论是（　　）。

A. 海洋地区正的布格重力异常是因为海水层的存在；

B. 海洋地区正的布格重力异常是因为海洋地壳较薄；

C. 大陆地区负的布格重力异常是因为地形较高；

D. 大陆地区负的布格重力异常是因为大陆地壳较厚。



Q22. 关于地磁极，下面描述正确的是（　　）。

A. 地磁极由实测结果得到，是地球表面上地磁场倾角为 90°、磁场强度最大的地方；

B. 地磁南、北极极与地球南、北极重合；

C. 地磁极为偶极子地磁轴与地球表面的交点，其连线一定通过地心；

D. 地磁南、北极不与地球南、北极重合。

Q23. 岩体侵入过程中，会烘烤围岩，产生热接触变质晕，其发育程度取决于以下（　　）因素。

A. 岩体的规模； B. 岩体侵位深度；

C. 岩体的酸性程度；D. 岩体与围岩接触面的平缓程度。

Q24. 氢一直以来被认为是一种最清洁的燃料、良好的能量载体和零碳可持续的理想能源。实际上氢气在地下无处不在，天然氢是一种地下可持续由地质作用生成的氢，氢气生成的过程可发生在地下的浅部和深层，深部生成的氢气也可以运移到浅部，当氢气逸出到地表时可以被观测到。1970 年代，科学家发现在大洋中脊“黑烟囱”热液中富含氢气，后来在陆地也陆续发现了自然氢气的存在。虽然地球氢气的生成机制尚无定论，但普遍认为主要有（　　）来源。

A．花岗质岩浆的脱气作用；　　B. 微生物有机质分解；

C. 水自然辐射分解；　　D. 水与超基性岩石发生反应或蛇纹岩水岩反应。

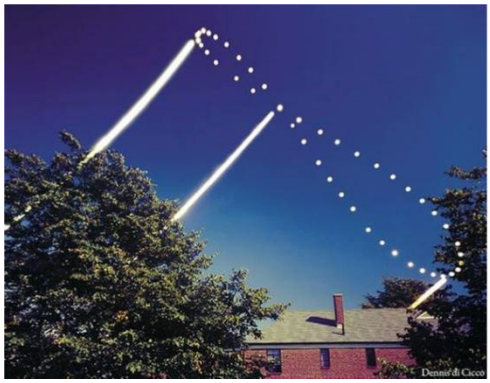
Q25. 在地球上观测周年日行迹的形状很像 8 字形（如下图），其原因有（　　）。

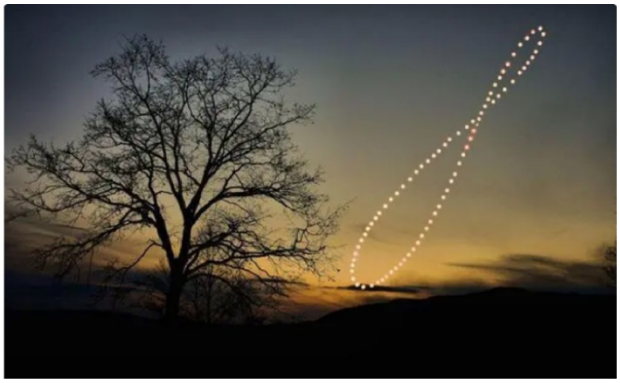
A. 地球在绕太阳公转的同时也在自转，而且自转轴倾斜；

B. 地球的公转轨道是椭圆，地球和太阳的距离时近时远，地球的公转速度也随之时快时慢；

C. 真太阳并非在每天正午（最高点）都正好处于正南方向；

D. 平太阳并非在每天地方平时正午（12 点）都正好处于正南方向。





二、综合分析题，答案请写在答题纸上。

Q26-Q31 背景材料

同位素及同位素分馏是地球科学中非常重要的示踪手段，也是我们了解地球历史上发生的事件的一把钥匙。经由对不同同位素分馏体系的原理探讨及实验，我们得以解译地质样品的同位素数据背后发生的故事。在本题中，我们将对同位素分馏的基本原理进行简单介绍，并以 S 同位素为例对地球历史上的一次重大的环境转折事件进行探索。（共 33 分）

（1）同位素效应

自然界中的一些元素具有多个同位素。以 S 元素为例，S 具有 $^{32}S/^{33}S/^{34}S/^{36}S$ 四种稳定同位素。虽然同位素具有极其相似的化学行为，但在自然界不同的含 S 化合物中，我们观察到这四种同位素的含量并非恒定。这种由于原子质量数不同而引起的同位素化学和物理性质变化，我们称之为同位素效应。在同位素地球化学领域，我们通常采用δ值来表示物质的同位素组成。以 S 同位素为例，

$$\delta^{x}S = \left(\frac{R^{x}_{样品}}{R^{x}_{标样}} - 1\right) \times 10^{3}\ (‰)$$

其中 x 代表不同的硫同位素的质量数（x=32,33,34 或 36），R代表对应的下标（测试样品或标样）中该同位素（^{x}S）与自然界中丰度最高的硫元素的同位素（^{32}S）含量之比。请根据以上信息回答问题 Q26:

Q26. 实验室中新测试了一批不同地质时期的黄铁矿（FeS_2）样品的硫同位素。实验通过质谱仪进行，能够测试样品中 ^{32}S、^{33}S、^{34}S 的相对含量。样品 A 的年龄约为 25 亿年，其由仪器所读出的三种硫同位素的相对含量依次为 19214700、153081、847556；样品 B 的年龄约为 5 亿年，其三种硫同位素的相对含量依次为 300975000、2376070、13335500。样品 A 与样品 B 采用了同一标样进行校准，标样三种硫同位素的相对含量依次为 1000000000、7888000、44234000。请分别计算样品 A 与样品 B 的$\delta^{33}S$与$\delta^{34}S$（答案保留小数点后两位）（10 分）

（2）同位素的质量分馏与非质量分馏

同位素效应源于量子力学效应。根据 Born-Oppenheimer 近似，一个分子的能量可以大致被分为分子内部的振动动能和电子运动能量以及分子作为一个整体的平动与转动能量。其中，分子振动的基础频率与其中的同位素的质量数相关，从而意味着一般情况下较轻的同位素组成的化学键要弱于较重的同位素组成的化学键，导致含有轻同位素的分子比含有重同位素的分子更容易参与反应。这种由于同位素质量差异而导致的对于同位素的选择性富集被我们称为同位素质量分馏效应（Mass Dependent Fractionation，简写为 MDF）。自然界中的绝大多数物理与化学过程均遵循同位素质量分馏效应。

然而，自然界中存在一些特殊的不遵循质量分馏效应的物理化学反应，这些反应会使得其产物与反应残余物的同位素组成不遵循质量分馏效应的比例关系。这种不依赖于质量差异而产生的同位素分馏被我们称为同位素的非质量分馏（Mass Independent Fractionation，简写为 MIF）。同位素的质量分馏与非质量分馏效应不会相互影响。举例而言，如果一种物质首先经历了造成非质量分馏的反应，之后经历了造成质量分馏的反应，则经历两步反应之后的反应产物既携带第一步反应造成的非质量分馏效应也携带第二步反应造成的质量分馏效应。为了刻画造成非质量分馏的反应的强度，我们利用Δ值来表示物质的同位素组成偏离质量分馏的程度。Δ值的具体表达式并未得到统一，在本题中我们采用以下表达式：

$$\Delta^{x}S = \delta^{x}S - \theta\delta^{34}S$$

其中 x=33 或 36。θ的值与同位素的质量数呈对应关系：x=33 时，$\theta = 0.515$；x=36 时，$\theta = 1.90$。请根据以上信息回答问题 Q27：

Q27. 样品 A 与样品 B 是否存在显著的非质量分馏？试计算样品 A 与样品 B 中存在非质量分馏的样品的$\Delta^{33}S$值。（答案保留小数点后两位；若$|\Delta| < 0.1$，则视为不存在非质量分馏）（5 分）

（3）早期地球的硫循环与硫的非质量分馏

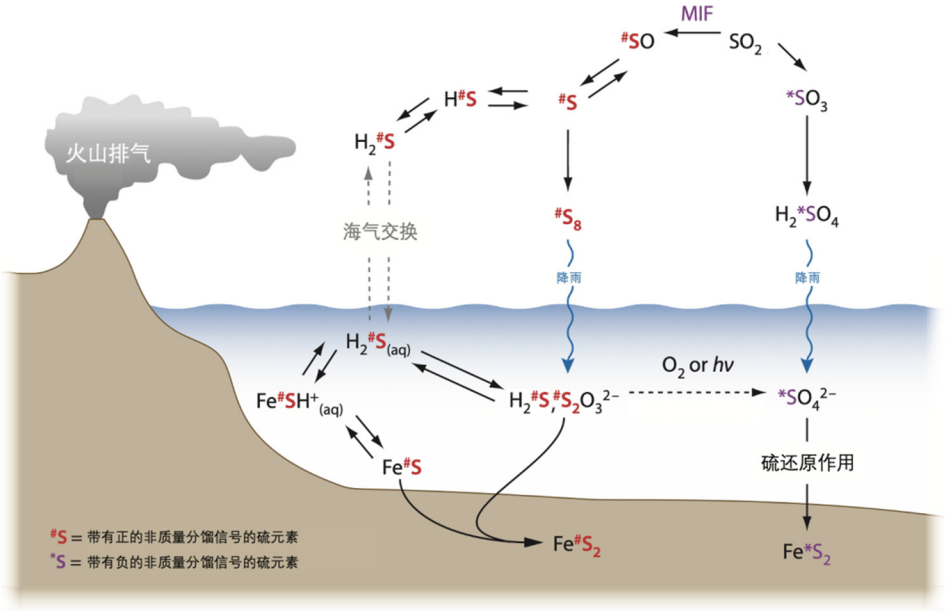


图 1

在早期地球的沉积记录中，我们在黄铁矿中广泛地观察到了硫元素的同位素非质量分馏。图 1 为我们推测的早期地球的硫循环过程。在硫循环过程涉及的所有反应中，我们认为硫元素的非质量分馏仅能由大气层中二氧化硫的歧化作用产生，其余的所有过程均仅能产生质量分馏。所有需要考虑的可能携带硫的非质量分馏信号的反应路径均已在图中给出，不需考虑任何其他的副反应过程或副产物。请仔细阅读图 1，并根据图 1 和以上内容回答问题 Q28 和 Q29：

Q28. 请写出图表 1 中以下三个过程的化学反应方程式：①二氧化硫的歧化反应；②硫单质的歧化反应；③硫酸根通过硫还原作用被有机质还原生成黄铁矿的反应（有机质的化学式可用 CH_2O 代表）（10 分）

Q29. 在带有负的非质量分馏信号的硫元素的硫酸根中，硫元素可能来源于哪些物理或化学反应？（仅考虑一步物理或化学反应）（5 分）

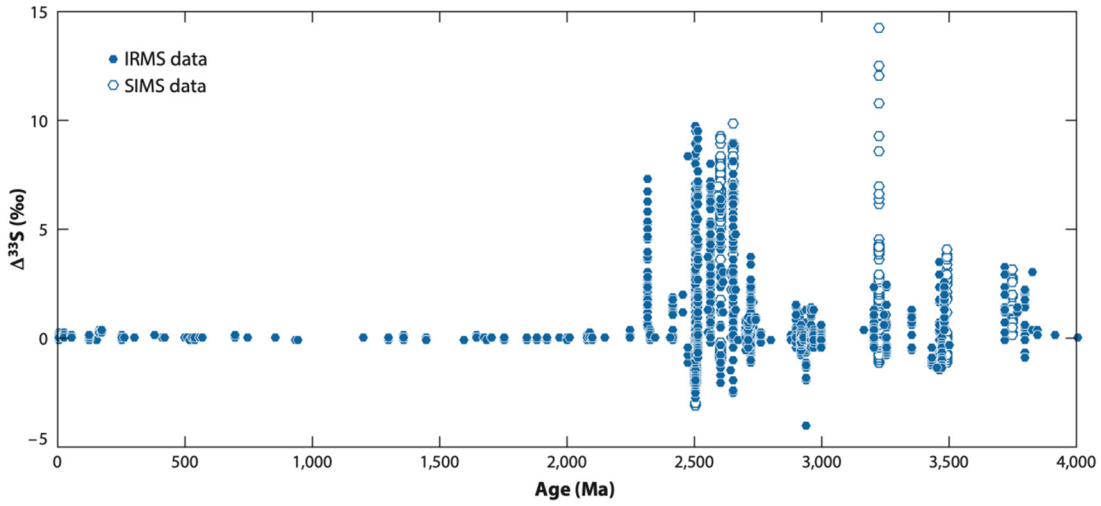


图 2

科学家们曾对地质历史中大量的黄铁矿的硫同位素数据进行测试。图 2 为目前汇总的地质历史上不同时期的黄铁矿的硫同位素数据。SIMS 与 IRMS 是对于硫同位素的两种不同的测试手段。在本题中，我们认为这两种测试手段不会对结果有显著影响，可以等同看待。请根据以上内容与图 1 和图 2 回答问题 Q30：

Q30 在上图中，我们观察到硫的非质量分馏具有不对称性：非质量分馏的正信号的强度的绝对值远高于非质量分馏的负信号。请根据图 1 对这一现象做出解释。（10 分）

非质量分馏得以发生的普遍机理我们现在仍未得知。但就图表 1 而言，我们认为大气中的二氧化硫在歧化反应的过程中出现非质量分馏是由于发生了特殊的光化学反应。这一反应可简化为如下过程：

$$SO_2 + h\nu\ (190\text{-}220\text{nm}) \rightarrow SO + O$$

$$SO_2 + O + M \rightarrow SO_3 + M$$

其中，M 为任意的其他气态分子（如 N_2），仅提供反应位点，但其自身物质不参与反应。需要注意的是，这一反应对于光照的波长具有强烈的选择性，仅能在紫外波段照射下发生。请根据以上信息及图 1、图 2 回答问题 Q31：

Q31. 在图 2 中，我们发现地质历史上黄铁矿中硫元素的非质量分馏仅在约 23 亿年前存在，在之后消失。这一时间同样存在其他的地质记录的突变。在 23 亿年之前的沉积物里有碎屑型黄铁矿（即经过剥蚀搬运后沉积下来的黄铁矿）、古土壤里有菱铁矿($FeCO_3$)，但之后，沉积物里没有碎屑型黄铁矿，而古土壤中多见赤铁矿(Fe_2O_3)；同时这一时期也有着大量红层沉积的出现。请根据图 1、图 2 及以上信息推测这一时期的地球表面环境发生了怎样的转变。（5 分）

Q32-Q36 背景材料

电离层是地球大气层被太阳射线电离的部分，它是地球磁层的内界。由于它影响到无线电波的传播，它有非常重要的实际意义，如图 3。

地球大气层最下面的一层是对流层，它从地面延伸到约 10 公里的高处。10 公里以上为平流层，再向上为中间层。在约 80 公里以上的增温层大气已经非常稀薄，在这里阳光中的紫外线和 X 射线可以使得空气分子电离，自由的电子在与正电荷的离子合并前可以短暂地自由活动，这样在这个高度造成等离子体。在这里自由电子的数量足以影响电波的传播。

在电离层中阳光电离大气分子与离子重新捕获自由电子的过程平衡。一般来说高度越高，大气越稀薄，则电离过程越占上风。不过电离层的特性还受到许多其它因素的影响。

电离过程的主力是太阳活动。电离层内电离度主要由获得的太阳辐射所影响。因此电离层随周日和季节（冬季阳光入射角度较低，因此受到的辐射比较少）而变化。太阳活动主要随太阳黑子周期而变化。一般来说太阳表面黑子越多，太阳活动越强烈。除此以外随地球表面纬度的不同当地受到的太阳辐射强度也不同。耀斑和太阳风中的带电粒子可以与地球磁场相互作用，导致对电离层的扰乱。

电离层被用来反射和传送高频无线电信号。反射后的信号回到地球表面，可以再次被反射到电离层。电波可以使得电离层里的自由电子以同样的频率振荡。若此时自由电子被捕获的话，则电波中的部分能量会消失。假如电离层内自由电子的碰撞频率小于电波频率，且自由电子密度够高，则电波能够有全反射的现象。当电波频率高于电离层内的等离子频率时，会因电子运动不够快而使得电波得以穿透电离层。

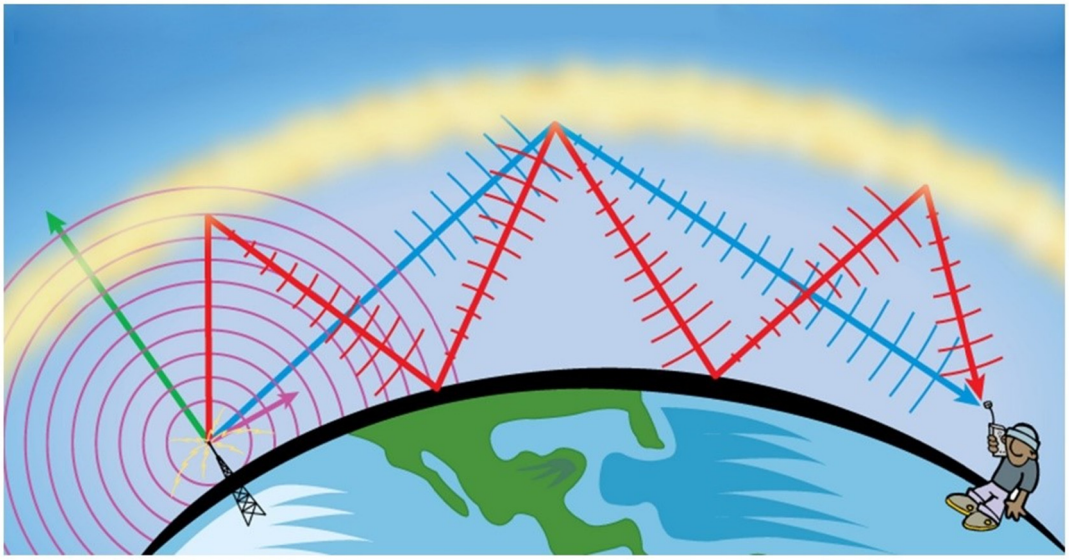


图 3 电离层与电波传播示意图。来源：《探索空间天气的秘密》

1. 标高的概念及计算

假设一个简单的大气模型：只存在一种类型的气体，分子质量为 m；水平方向上分层；等温，绝对温度为 T（绝对零度$T_0 = -273℃$）；处于静力学平衡态。则该大气模型中气体分子数密度$n(z)$随高度z的变化可以表示为$n(z) = n_0 \exp(\frac{z_0 - z}{H})$. 其中$z_0$为某一标准面的高度，$n_0 = n(z_0)$为该标准面上的大气分子数密度。$H$为大气标高。

Q32. 理想气体常数为$\mathbf{R = 8.31J \cdot K^{-}1 \cdot mol^{-}1}$,重力常数为$\mathbf{g = 10m/s^{2}}$. 请给出H的表达式。并计算假设大气温度为 15 摄氏度，大气平均分子量为 28.8 时的大气标高。（15 分）

2.分子的电离与复合过程

在上述模型的基础上，讨论电离层的形成。大气中的分子受到太阳极紫外辐射的影响，会发生光电离，产生电子和离子。自由电子可能和离子发生复合而失去。如下：

$$h\nu + X \longrightarrow X^{+} + e^{-}$$
$$X^{+} + e^{-} \longrightarrow X + h\nu$$

2.1 电离层电子密度控制方程

电离层中同时发生着电离产生电子和复合失去电子两个过程，且总体静止并处于电中性。其中，单位时间单位体积电离产生电子 q 个（单位为 个$m^{-3}s^{-1}$），单位时间单位体积发生复合的电子数为$\alpha n[X^{+}]n[e^{-}]$，其中α为系数。

Q33. 请写出电子数密度的时间导数表达式。（5 分）

2.2 Chapman 模型

1931 年，悉尼·查普曼提出了一个简单的数学模型，用于解释电离层的形成，该模型基于这样一个事实：来自太阳的高能光子将空气分子分解成电子和正离子。该模型描述了电离层不同层中观测到的主要特征变化。

已知，电子辐射产生率q随高度z和太阳天顶角χ的分布可以表示为：

$$q(\chi, z) = I_{\infty}\sigma\eta n(z) \cdot e^{-\tau \sec(x)}$$

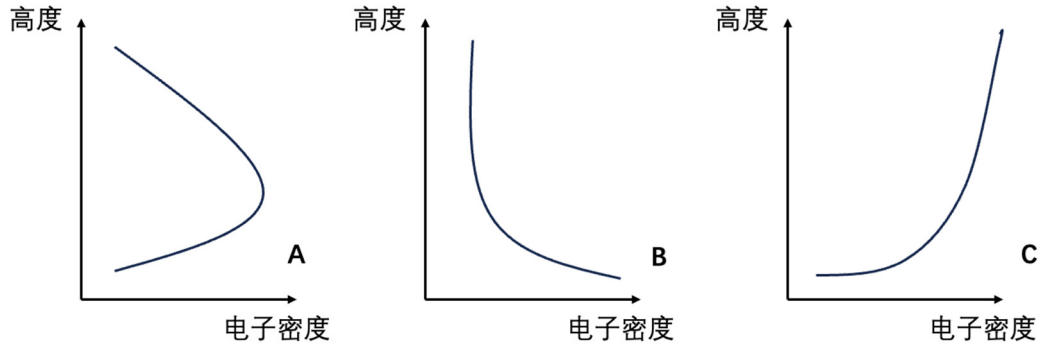
其中n(z)为中性气体分子沿高度的分布，I_{∞}为与太阳紫外辐射强度相关的常数，σ为吸收截面，η为单位体积的气体在单位时间内吸收单位能量产生的电子-离子对数，$\tau = \sigma nH$. 天顶角指的是太阳与某地连线距离中天的角度，在赤道，正午太阳天顶角为 0 度，午夜太阳天顶角为 180 度。

Q34.最大电离产生率出现在哪个高度上？请写出表达式。（10 分）

2.3 峰值电子密度

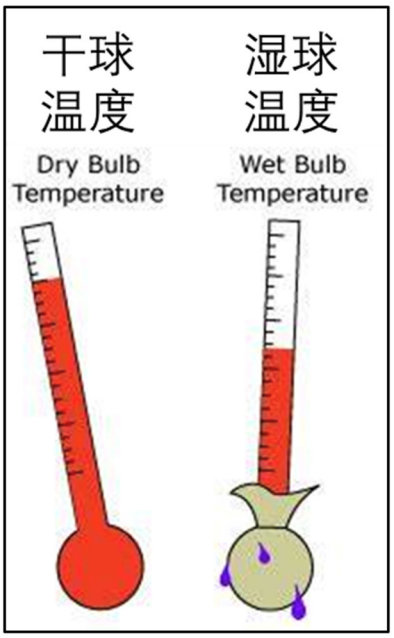
Q35.请计算电离层剖面峰值电子密度的表达式。（5 分）

Q36. 以下三个选项中，哪一个是电离层电子密度随高度变化的剖面？（5 分）



Q37-Q43 背景材料

李老师带领全班同学去爬山，在上山、翻越山顶、下山过程中完成了许多次测量。其中，A 同学用普通的温度计测得“干球温度”；B 同学用球泡覆盖有湿纱布的温度计测得“湿球温度”（示意图如下）；C 同学记录了肉眼可见的天气情况；D 同学则用金属空盒气压计测得了气压。所有测得数据见下表，由于过程中经历了下雨，其中部分数据记录有污损，看不清了。请根据这些信息进行初步分析，回答 Q37-Q43 题。





#	A 干球温度	B 湿球温度	C 天气状况	D 气压
1	14	-2	晴好	1000 hPa
2	[redacted]	-1.5	晴好	925 hPa
3	9	1	晴好	950 hPa
4	4	[redacted]	多云，小雨	900 hPa
5	1	1	[redacted]	850 hPa
6	[redacted]	[redacted]	多云，中雨	825 hPa
7	[redacted]	-2	多云，小雪	800 hPa
8	3	-7	晴好	[redacted]
9	8	[redacted]	晴好	900 hPa
10	18	-16	晴好	1000 hPa

Q37. 关于 **B**：湿球温度通常比干球温度高还是低？从物理上解释为什么？（5 分）

Q38. 关于（**A-B**）：干球温度与湿球温度的差的绝对值，反映了哪个气象要素（**X**）的变化？是（**A-B**）越大 **X** 也越大？还是相反？（5 分）

Q39. 请进行总体判断并说明理由：哪几次测量发生在上山阶段？哪几次测量发生在下山阶段？在哪两次测量之间，队伍到达了山顶？估计山顶有多高？（5 分）

Q40. 开始上山后，为什么一开始天气晴好？之后为什么就开始下雨了？再之后为什么还会下小雪？请从这背后的物理过程的角度进行说明。（5 分）

Q41. 在雨区，温度随高度是增加还是减少？其变化速率比晴空区的变化速率是快还是慢？

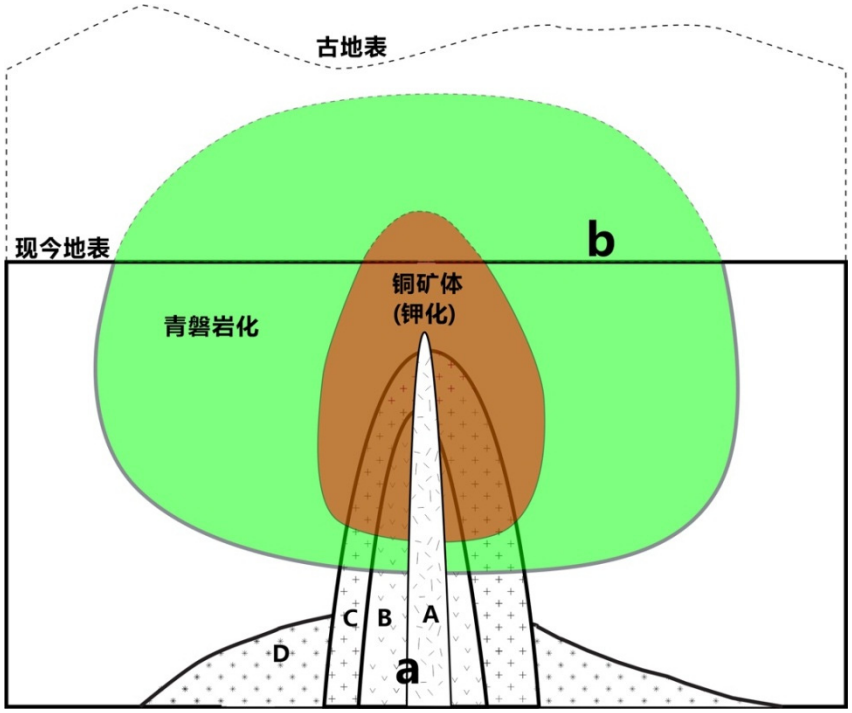
为什么？（5 分）

Q42. 整个翻山过程前后，干球温度从 14 升至 18，湿球温度从-2 降至-16，这是为什么？请从热量和水汽两个角度进行说明。（5 分）

Q43. 在爬山过程中，同学们都发现上山坡草木茂盛，而下山坡草木干疏，这是为什么？（5 分）

Q44-Q49 背景材料

炽热的岩浆会从地壳深部上升到较浅部位冷凝固结成岩，在某一位置可以出现多次岩浆侵位。当岩浆侵位时，岩浆与已固结的围岩之间有温度差，即岩浆与围岩界面附近温度梯度较大。这一温度梯度会在该岩浆结晶过程中留下蛛丝马迹。此外，岩浆中可能含有铜等具有经济价值的元素，在岩浆结晶晚期这些铜可能会被释放出来聚集成铜矿体。



Q44. 现代测试手段会有一定的测试误差，如果多个岩体形成时代相近，则在误差范围内无法利用绝对年龄区分各岩体的相对早晚，此时需根据野外侵入关系确定早晚。侵入较晚的岩体会占据早期已固结岩体的位置。根据提示请推断 A、B、C、D 四个岩体的形成顺序。（5 分）

Q45. 假设 D 岩体为 SiO_2 含量较低的基性岩浆，试根据鲍文反应序列推测该岩体可能具有的宏观特点。（5 分）

Q46. 岩浆缓慢降温时晶体有足够时间生长，此时岩浆结晶的矿物颗粒通常较大。反之，岩浆快速降温则会形成大量细小的矿物颗粒。据此请推断 a 处可能会出现的现象。（5 分）

Q47. 岩浆冷却结晶晚期，会有大量流体从岩浆中释放出来并聚集，这些高温流体与冷的围岩相互作用可能会形成有经济价值的铜矿体。根据图示及前面各题的提示，请确定 A 岩体与铜矿体形成时间的关系并探讨 A 岩体对铜矿体的保存是否有益？（5 分）

Q48. 铜矿体通常发育于钾化带中，钾化也是距离成矿岩体最近的蚀变类型。在钾化的外围，通常发育空间分布范围更广的青磐岩化。在实际找矿勘查过程中，当发现钾化和青磐岩化中哪一个时对找矿勘查更具有实际意义？（5 分）

Q49. 青磐岩化中常出现绿泥石这种矿物，绿泥石中常含有微量的 Ti 和 Sr，前人研究表明绿泥石 Ti/Sr 比值与绿泥石距离成矿岩体的距离有如下关系：$Ti/Sr=3*10^{6}e^{-0.0088x}$，x 为绿泥石距离成矿岩体的距离。据此请回答：在 b 区域中给你若干含绿泥石的样品，如何通过其中的 Ti/Sr 比值大致确定成矿岩体在地表的垂直投影的位置？（5 分）

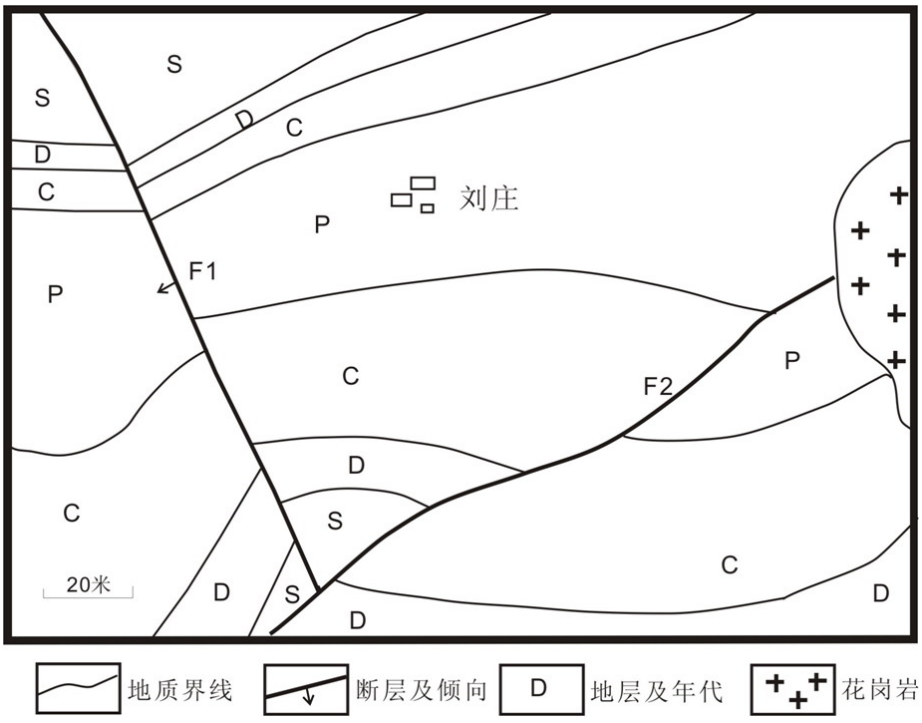
Q50 背景材料

维恩位移定律描述了在一定温度下，绝对黑体的温度与最强辐射波长的乘积为一常数这一规律。太阳的表面温度约 5900K，可以被近似看着绝对黑体，那么根据该定律可知，太阳的最强电磁辐射波长大约为 491nm。那么，如果我们要设计一个卫星遥感传感器来探测地球表面的火点（如森林大火），火点的温度通常会因为燃料等的差异大致在 300~800 摄氏度，

Q50.请问该遥感传感器的波段设置应该在什么波长范围？（10 分）

Q51-53 背景材料

地质图是将各种地质体的界线、特征、产状和地质构造以及有意义的地质现象按照规定的图例符号和比例垂直投影、概括缩绘在地形（地理）底图上所制成的图件。刘庄地区地层呈正常层序出露，志留系、泥盆系为豹皮状灰岩、泥质条带灰岩、鲕状灰岩、竹叶状灰岩、石灰岩等；石炭系为硅质白云岩，二叠系石英砂岩、炭质粉砂岩和页岩、并夹有数层可采煤层。



Q51. 阅读刘庄地区地质图（上图），分析不同时代地层的接触关系；列出各种地质体和地质现象，描述其特征；并给出各种地质体和地质现象的发育顺序。（10 分）

Q52. 从外围正常的硅质白云岩到花岗岩体依次出现：透闪石带 $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$、透辉石带 $CaMgSi_2O_6$ 和硅灰石（$CaSiO_3$）带，指出它们的发育部位，并画出从岩体到正常硅质白云岩的平面图。这些变质矿物形成过程经历的是什么化学反应？岩体与石英砂岩接触部位，又会发育什么现象呢？（10 分）

Q53. 假设花岗岩中的锆石形成时不含 Pb，所有的 ^{206}Pb 都是 ^{238}U 衰变形成，且一个 ^{238}U 衰变后最终形成一个稳定的 ^{206}Pb。^{238}U 衰变为 ^{206}Pb 的半衰期为 4.468×10^9 年，衰变常数λ为 1.55125×10^{-10}/年。测试了 10 个锆石颗粒的 ^{206}Pb 和 ^{238}U 含量，数据见下表。根据衰变方程：$^{206}Pb=^{238}U(e^{\lambda t}-1)$，计算岩浆岩形成的平均年龄。（10 分）

锆石颗粒号	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08	B-09	B-10	B-11
$^{206}Pb(\times10^{-6})$	1.89	5.73	1.35	1.85	1.56	0.37	3.06	0.85	0.89	2.75	1.14
$^{238}U(\times10^{-6})$	90	267	63	84	73	18	142	40	41	128	48

三、野外实践考察试题

此部分共 15 小题，共计 20 分。请仔细阅读题干，并根据野外观察和图片展示，回答相关问题。除特殊说明外，均为单项选择题。



上图左（远景）和上图右（近景）为某一岩石的野外露头，根据野外观察，并结合图片展示，回答 Q1-Q4 问题，每题 1 分。

Q1.图中岩石岩性为（　）。

A. 正长岩　　B.花岗岩　C.安山岩　　D.闪长岩

Q2. 根据该岩石形成深度和产状判断，该岩石为（　）。

A. 喷出岩　　B.浅成岩　C.深成岩　　D.沉积岩

Q3. 该岩石的主要矿物成分可能为（　）。

A. 石英、正长石、斜长石、辉石　　B.石英、斜长石、橄榄石、角闪石

C. 石英、正长石、斜长石、黑云母　　D.石英、正长石、辉石、黑云母

Q4. 形成该类岩石的岩浆喷出地表后形成的岩石类型为（　）。

A. 安山岩　　B.流纹岩　C.玄武岩　　D.粗面岩



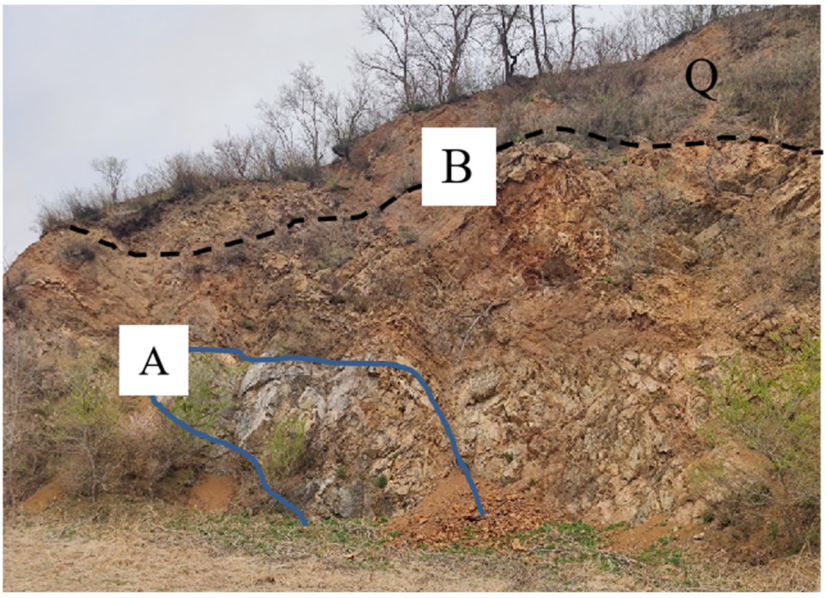
上图为野外剖面中的局部露头，据此回答 Q5-Q6 问题。

Q5. 图中所指示的构造面为（　）。（此题 1 分）

A.层理面　　B.断层面　C.构造接触面　　D.劈理面

Q6. 与图中所示构造现象相关的地质现象可能有（　）。（此题 2 分，不定项选择题，多选或漏选均不得分）

A.擦痕　　B.阶步　C.斜层理　　D.断层角砾岩



根据野外观察，并结合上图展示，回答 Q7-Q8 问题，每题 1 分。

Q7. 该野外露头 A 处界线展示的是（　）接触关系。

A. 整合　　B.侵入　C.角度不整合　D.沉积

Q8. 该野外露头 B 处界线展示的是（　）接触关系。

A.整合　　B.侵入　　C.角度不整合　D.沉积



Q9. 上图中主要观察的野外地质现象有（　）。（此题 2 分）

A. 断层　　B.根劈　　C.节理　　D.不整合面



Q10. 上图中观察到的节理类型主要有（　）。（此题 2 分，不定项选择题，多选或漏选均不得分）

A. 张节理　　B.剪节理　　C.层节理　　D.共轭节理




根据野外观察，并结合上图展示，回答 Q11-Q13 题，每题 1 分。

Q11.你观察到的岩石类型是（　）。

A. 沉积岩　B.变质岩　C.岩浆岩　D.火山岩

Q12.根据矿物含量，该岩石可定名为（　）。

A. 花岗闪长岩　B.正长花岗岩　C.二长花岗岩　D.流纹岩

Q13．该岩石具有的结构是（　）。

A. 半自形粒状结构　B.碎屑结构　C. 斑状结构　D.变晶结构



根据野外观察，并结合上图展示，回答 Q14-Q15 题，每题 2 分。

Q14. 图中可以观察到何种构造现象（　）。

A.层裂 B.释重节理　C.球状风化 D.断层

Q15. 图中岩石如果形成于侏罗纪，那么它的形成可能与（　）运动有关。

A. 印支运动　B.燕山运动 C.海西运动 D. 吕梁运动